

Proyecto Fin de Grado

Ingeniería de Ingeniería Organización Industrial

Diseño de una instalación renovable de autoconsumo para un centro deportivo aislado

Autor: Fernando Romero Rodríguez

Tutor: Miguel Torres García

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022



Proyecto Fin de Grado
Ingeniería de Organización Industrial

Diseño de una instalación renovable de autoconsumo para un centro deportivo aislado

Autor:

Fernando Romero Rodríguez

Tutor:

Miguel Torres García

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022

Proyecto Fin de Grado: Diseño de una instalación renovable de autoconsumo para un centro deportivo aislado

Autor: Fernando Romero Rodríguez

Tutor: Miguel Torres García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

En primer lugar, a mi familia. Mi hermano y mis padres, los que me han ayudado a poder superar con éxito, este bonito camino, el cual ha requerido un esfuerzo de gran calibre.

En segundo lugar, quería agradecer la oportunidad que me han dado todos los profesores que componen la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla. Ellos me han ayudado a formarme y desarrollarme como ingeniero en estos cuatro años, y, sin duda alguna, sin su dedicación, este proyecto no hubiera sido posible.

Finalmente, a todos mis compañeros de clase, los cuales, han vivido y superado conmigo cada uno de los objetivos y dificultades que nos hemos encontrado durante nuestro viaje.

Resumen

En este proyecto de fin de grado se muestra de manera detallada el proceso de una instalación fotovoltaica para autoconsumo de potencia de 100 KW en un centro deportivo. En él, se incluyen todos y cada uno de los pasos y técnicas empleadas para que la instalación se pueda llevar a cabo.

En primer lugar, se hace un análisis exhaustivo del significado de una instalación fotovoltaica y que es lo que conlleva de manera generalista el hecho de implantarla en una determinada zona. Posteriormente a dicho análisis, se verán todos y cada uno de los cálculos utilizados para su desarrollo, donde se definen las variables del análisis realizado.

Seguidamente se verán las mediciones utilizadas, así como el dimensionamiento previo a la instalación para comprobar que dicho proyecto es viable, mostrando así el presupuesto de la instalación y la amortización que supone una vez después de la ejecución y puesta en marcha del proyecto.

Finalmente, se detallan tanto el estudio básico de seguridad y salud como el pliego de condiciones técnicas, donde se muestra como se ha procesado la instalación en referencia a la normativa vigente que afecta a dicha instalación.

Abstract

This final degree project shows in detail the process of a photovoltaic installation for self-consumption of 100 KW power in a sports center. It includes each and every one of the steps and techniques used so that the installation can be carried out.

First of all, an exhaustive analysis of the meaning of a photovoltaic installation is made and what it entails in a general way the fact of implementing it in a certain area. After this analysis, each and every one of the calculations used for its development will be shown, where the variables of the analysis are defined.

Next, the measurements used will be shown, as well as the sizing prior to the installation to verify that the project is viable, showing the budget of the installation and the amortization that it supposes once the project is executed and put into operation.

Finally, both the basic health and safety study and the technical specifications are detailed, where it is shown how the installation has been processed in reference to the current regulations that affect the installation.

Índice

1. Memoria descriptiva.....	19
1.1. Introducción	19
1.2. Tipos de paneles solares.....	20
1.2.1. Paneles solares fotovoltaicos.....	20
1.2.2. Paneles solares térmicos.....	20
1.2.3. Paneles solares híbridos.	20
1.3. Componentes de una instalación fotovoltaica	20
1.3.1. Módulo solar fotovoltaico	20
1.3.2. Inversor.....	21
1.3.3. Baterías.....	21
1.3.4. Estructuras	21
1.3.5. Medidor energético.	22
1.3.6. Elementos de conexión.....	22
1.4. Objeto del proyecto.	22
1.5. Normativa aplicable.	23
1.6. Descripción de la instalación.....	25
1.6.1. Definición y características de la instalación.	25
1.6.2. Descripción de la conexión a la red.....	26
1.7. Infraestructura eléctrica.....	30
1.8. Calculo de las perdidas por orientación e inclinación.....	33
1.9. Cálculo de las perdidas por sombras.....	33
1.9.1. Cálculo de distancia entre módulos.....	33
1.10. Estudio de cargas.....	34
1.10.1. Descripción de la estructura de la cubierta existente.....	34
1.10.2. Cargas a transmitir por la instalación fotovoltaica	36
1.11. Conclusión memoria descriptiva	39
2. Memoria de Cálculo	40
2.1. Potencia del generador.	40
2.1.1. Energía generada por el panel.	40

2.1.2.	Conexionado entre los módulos	49
2.2.	Inversor	50
2.3.	Distancia mínima entre filas de módulos	51
2.4.	Cálculo de circuito eléctrico.....	52
2.4.1.	Cálculo de circuito en corriente alterna.....	52
2.4.2.	Cálculo circuito corriente continua (Caso más desfavorable).....	54
2.5.	Conclusión.....	57
3.	Medición, dimensionamiento y presupuesto	58
3.1.	Medición	58
3.2.	Presupuesto	59
3.2.1.	Dimensionamiento de la instalación.....	59
3.2.2.	Estudio técnico-económico	61
3.2.3.	Valoración económica de la instalación.....	66
3.3.3.	Estudio de viabilidad del proyecto.	68
3.3.4.	Referencias legislativas a tener en cuenta para la realización del presupuesto.	71
4.	Estudio básico de seguridad y salud.....	73
4.1.	Prevención de riesgos laborales.	73
4.1.1.	Derechos y obligaciones.....	74
4.1.2.	Servicios de prevención	77
4.1.3.	Consulta y participación de los trabajadores.....	78
4.2.	Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. 79	
4.2.3.	Obligación general del empresario.....	79
4.3.	Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.....	79
4.3.1.	Obligación general del empresario.....	80
4.4.	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.	84
4.4.1.	Estudio básico de seguridad y salud.....	84
4.4.2.	Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras. 88	
4.5.	Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.	88
4.5.1.	Obligaciones generales del empresario.....	88
4.5.2.	Protectores de la cabeza.	88
4.5.3.	Protectores de manos y brazos.	89
4.5.4.	Protectores de pies y piernas.	89
4.5.5.	Protectores del cuerpo.	89
5.	Pliego de condiciones técnicas.....	90

5.1. Generalidades	90
5.2. Definiciones	91
5.3. Diseño	93
5.3.1. Diseño del generador fotovoltaico	93
5.3.2. Diseño del sistema de monitorización.....	93
5.3.3. Integración arquitectónica	94
5.4. Componentes y materiales.	94
5.4.1. Generalidades	94
5.4.2. Sistemas generadores fotovoltaicos.....	95
5.4.3. Estructura soporte.....	96
5.4.4. Inversores	97
5.4.5. Cableado.....	98
5.4.6. Conexión a red	99
5.4.7. Medidas	99
5.4.8. Protecciones	99
5.4.9. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas.....	100
5.4.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética.....	100
5.4.11. Medidas de seguridad.....	100
5.5. Recepción y pruebas.....	101
6. Bibliografía	103
7. Imágenes de la instalación.....	105
8. Anexos.....	107

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Ejemplo de panel solar fotovoltaico.....	20
Ilustración 2. Ejemplo de panel solar térmico.....	20
Ilustración 3. Tipos de paneles solares fotovoltaicos.....	21
Ilustración 4. Esquema de principio básico de instalación fotovoltaica para autoconsumo.....	22
Ilustración 5. Vista satelital del Club de Campo, realizada por Google Earth.....	34
Ilustración 6. Boceto provisional de la cubierta.....	35
Ilustración 7. Boceto de la disposición de los paneles (distancia y altura).....	51
Ilustración 8. Impacto del sol según la tarifa 3.0 A en verano e invierno (horas/día).....	60
Ilustración 9. Consumos acumulados por mes y periodo (kWh).....	62
Ilustración 10. Energía generada mensual (kWh).....	63
Ilustración 11. Energía generada fotovoltaica frente a energía total consumida (kWh).....	63
Ilustración 12. Distribución consumo mensual acumulado (kWh).....	65
Ilustración 13. Radio de autoconsumo (%).....	65
Ilustración 14. Radio de autosuficiencia (%).....	65
Ilustración 15. Flujo de caja anuales (€).....	69
Ilustración 16. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 1.....	105
Ilustración 17. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 2.....	105
Ilustración 18. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 3.....	106
Ilustración 19. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 4.....	106

Índice de Tablas

Tabla 1. Conexión de paneles.	27
Tabla 2. Datos a tener en cuenta para la carga concentrada.....	37
Tabla 3. Pérdidas por orientación e inclinación.	40
Tabla 4. Pérdidas por orientación e inclinación.	41
Tabla 5. Valores máximos permitidos para las pérdidas por orientación, inclinación y sombras.	42
Tabla 6. Pérdidas por temperatura en cada panel de la instalación.....	49
Tabla 7. Conexión entre los módulos.....	50
Tabla 8. Tensiones entre módulos.....	50
Tabla 9. Voltaje del inversor.....	50
Tabla 10. Intensidad del inversor por entrada MPPT.....	51
Tabla 11. Reactancia en el cable.....	54
Tabla 12. Reactancia en el cable.....	56
Tabla 13. Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica autoconsumo.....	59
Tabla 14. Precio medio electricidad horas de sol según tarifa 3.0 A.....	60
Tabla 15. Análisis mensual del consumo eléctrico.....	61
Tabla 16. Consumos mensuales (kWh).....	62
Tabla 17. Precios de energía por periodo.....	62
Tabla 18. Generación mensual (kWh).....	63
Tabla 19. Distribución mensual de la energía.....	64
Tabla 20. Costes mensuales totales tarifa estableciendo comparación en el caso de contar o no con autoconsumo.....	66
Tabla 21. Desglose del presupuesto de la instalación.....	67
Tabla 22. Presupuesto total de la instalación.....	67
Tabla 23. Amortización de la instalación detallada anualmente.....	69
Tabla 24. Ahorro anual y mensual de la instalación.....	70
Tabla 25. Flujo de caja estimados en la instalación.....	71
Tabla 26. Límites de pérdidas por sombras.....	93

1. Memoria descriptiva

1.1. Introducción

Las energías renovables son un gran pilar donde podemos apoyarnos para intentar disminuir la emergencia climática en la que vivimos y que, se va agravando con el paso de los años. Conforme van avanzando los años, la sociedad en general va siendo más consciente de los problemas que se viven tanto con respecto al sobrecalentamiento global como al impacto medioambiental. Es por eso que debemos aprovechar todas las energías que nos proporciona nuestro planeta para hacerle el menor daño posible y así poder alargar la vida del mismo y tener una calidad de vida mejor en el futuro.

En este proyecto nos centraremos en el Sol. Debemos ser conscientes de que la luz solar es fundamental para la existencia de los seres vivos que habitan en nuestro planeta. La energía solar se puede presentar de muchas formas, pero si hablamos de la energía solar fotovoltaica veremos cómo se aprovecha la energía proporcionada por los rayos del Sol y se convierte en energía eléctrica. Esto es gracias a las llamadas placas solares, módulos formados por células fotovoltaicas principalmente de silicio, fósforo y boro que generan cargas eléctricas, que nos proporciona un voltaje en corriente continua y que posteriormente, mediante un inversor, se transforma en corriente alterna. Es conveniente serializar dichos paneles solares para controlar el voltaje, porque, aunque dicho voltaje sea muy regular, este siempre será dependiente de la intensidad de la luz, por lo que dependiendo de la hora del día y de la época del año en la que nos encontremos, tendremos una intensidad mayor o menor. Debemos tener en cuenta de que la energía fotovoltaica también puede presentar algunos inconvenientes. Uno de ellos es que dicha energía depende completamente de las condiciones meteorológicas de nuestro planeta, es decir, la baja constancia durante el día, por ejemplo, los días nublados o por la noche, donde son momentos en los que esa energía captada es muy baja o directamente nula, o también en determinadas estaciones del año, por ejemplo, en invierno no se capta la misma energía que en verano.

Actualmente, está muy normalizado el uso de placas solares en nuestra sociedad, debido a las apuestas de las administraciones por estos sistemas de ahorros y energías limpias para dar lugar a los avances tecnológicos que se han implantado durante estos años en dichos paneles fotovoltaicos. Sin embargo, el motivo de su uso no es únicamente el hecho de hacer un país más sostenible minimizando el impacto medioambiental, sino también porque una instalación fotovoltaica conectada a la red para autoconsumo proporciona paralelamente una amortización en la electricidad utilizada, con el fin de obtener beneficios en un determinado tiempo, mejorando así, la eficiencia energética por la reducción del consumo de combustibles fósiles.

Cabe destacar que tanto los dirigentes de los países, como la propia sociedad, cada vez son más conscientes de que tenemos que aprovechar una energía limpia que nos proporcionan más ventajas que inconvenientes a la hora de su uso.

1.2. Tipos de paneles solares.

A continuación, se detallan los tres tipos de paneles solares que existen en la actualidad.

1.2.1. Paneles solares fotovoltaicos.

Son los encargados de converger la energía expuesta por la luz del sol en energía eléctrica gracias al efecto fotoeléctrico. Son aquellos tipos de paneles solares en los que nos centraremos en este proyecto. La explicación no es otra que cuando dichas partículas de luz impactan sobre el silicio por el que está compuesto el módulo, estas rompen sus electrones dando así una corriente eléctrica.



Ilustración 1. Ejemplo de panel solar fotovoltaico.

1.2.2. Paneles solares térmicos.



Son paneles encargados de captar el calor cuando la energía solar se transforma. En la mayoría de sus casos se utilizan para calentar fluidos o alimentar sistemas de calefacción. Pueden ser clasificados en tres tipos: de baja temperatura (hasta 50 °C), de media temperatura (hasta 90 °C) y de alta temperatura (hasta 150°C).

Ilustración 2. Ejemplo de panel solar térmico

1.2.3. Paneles solares híbridos.

Es una combinación de los dos paneles anteriores que constan de tanto las propiedades de los paneles fotovoltaicos y de su captación de electricidad como de los paneles térmicos y de su captación de calor. Uno de las ventajas de su utilización es el ahorro de espacio para alcanzar un rendimiento mayor al captar energía del sol.

1.3. Componentes de una instalación fotovoltaica

Los Sistemas de instalación fotovoltaica para autoconsumo sin acumulación en baterías de litio (actualmente no son necesarias por la que la red eléctrica hace la función de la batería al poder volcar en ella los excedentes) y con conexión a red consta de los siguientes elementos:

1.3.1. Módulo solar fotovoltaico

Es también conocido como generador fotovoltaico. Su función es captar la energía producida por el sol mediante las células que componen dicho módulo para que posteriormente se transforme en electricidad. Dependiendo del nivel de rendimiento y eficiencia que necesitemos, hay varios tipos.

En primer lugar, nos encontramos con los paneles de silicio monocristalinos. Son aquellos que tienen el mayor rendimiento y eficiencia de todos los tipos de módulos fotovoltaicos. Aunque su coste es mayor debido a su complejo proceso de producción.

En segundo lugar, nos encontramos con los paneles de silicio policristalinos. Presentan un alto rendimiento y alta eficiencia (entre un 11% y un 15% de rendimiento), menor que en los monocristalinos. Su coste es más reducido por su proceso de producción más sencillo.

Por último, nos encontramos con los paneles de capa fina. Son también llamados paneles amorfos, tienen un rendimiento bastante menor, en torno al 6%. Son los menos costosos de todos.

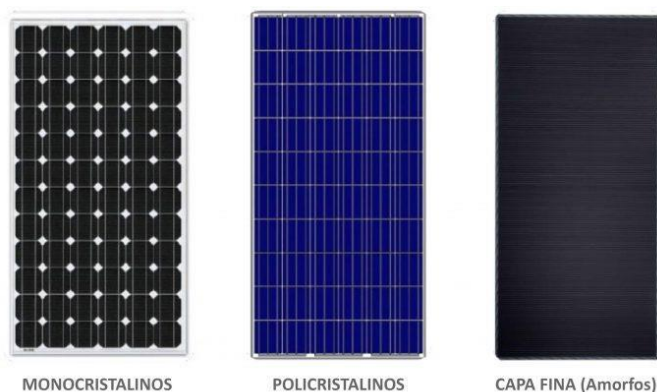


Ilustración 3. Tipos de paneles solares fotovoltaicos.

1.3.2. Inversor

También son llamados convertidores. Son los componentes de una instalación fotovoltaica encargados de convertir la corriente continua proveniente de los paneles solares en corriente alterna para que esta energía pueda ser usada por los aparatos eléctricos.

Los inversores fotovoltaicos se componen también de reguladores de carga

Estos componentes también tienen otras funciones secundarias dentro de una instalación fotovoltaica. Estas son:

- Optimizar la producción de electricidad para permitir la adaptación de esta producción a la situación solar que exista en ese momento.
- Permitir la sincronización mediante la corriente eléctrica o las baterías.
- Proteger dicha instalación y detener la generación de energía en el caso de que se produzca un problema o cortocircuito.

1.3.3. Baterías

Son las encargadas de acumular la energía eléctrica para que esta misma se pueda utilizar en otro momento posterior y proporcionar potencia de energía inmediata considerablemente elevada para que se produzca un abastecimiento necesario. Se utilizan para la dotación de energía cuando se produce una jornada en la que el sol nos proporciona escasa luminosidad. Esto se debe a que el sol es una fuente de energía intermitente y no siempre se puede contar con su disponibilidad.

No son siempre necesarias, en ocasiones, se instalan placas fotovoltaicas que dependen al 100% de la red eléctrica general, aunque también existen casos de que una instalación fotovoltaica puede estar conectada a la red y aparte tener baterías para una mayor seguridad.

1.3.4. Estructuras

Las estructuras soporte de los paneles pueden ser con inclinación forzada con patas o coplanares dependiendo de si la cubierta donde se instalará el campo fotovoltaico es respectivamente una cubierta plana o cubierta inclinada, así como de la orientación de la misma.

(Orientación óptima: SUR / Inclinación óptima: 30-40° C).

1.3.5. Medidor energético.

Es el elemento encargado de leer en cada momento desde el cuadro de la vivienda o centro de trabajo que cantidad de energía estamos consumiendo en cada momento y poder monitorizar a través de una aplicación informática en cualquier dispositivo (móvil, tablet, ordenador, ...).

1.3.6. Elementos de conexión.

Cableado, protecciones y material eléctrico y material mecánico de montaje.

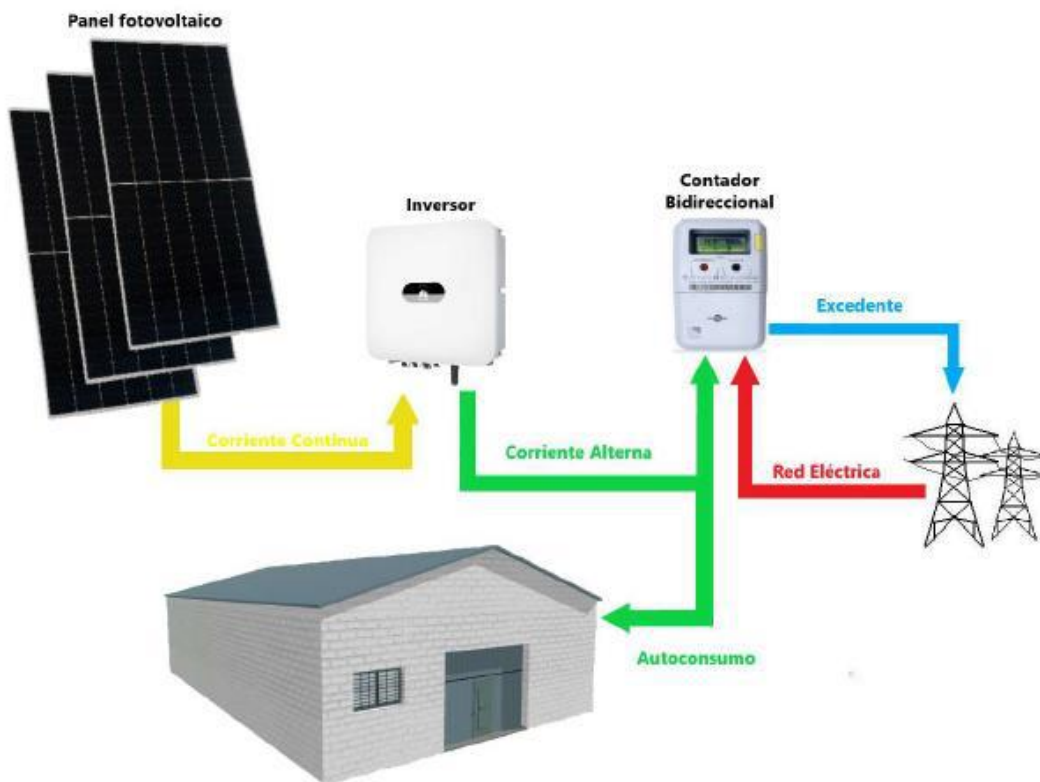


Ilustración 4. Esquema de principio básico de instalación fotovoltaica para autoconsumo.

1.4. Objeto del proyecto.

El objetivo de este proyecto es la implementación y desarrollo de una instalación fotovoltaica para autoconsumo con una potencia de 100 KW colocadas sobre la cubierta de una serie de pistas de pádel situadas en un club de campo en Dos Hermanas, en la provincia de Sevilla, y que dan servicio al consumo eléctrico para las mismas. También se mostrará todas y cada una de las condiciones necesarias que deberá reunir dicha instalación para que se pueda dar cumplimiento a la normativa vigente que le afecta.

Este proyecto trata de mostrar con claridad los diferentes aspectos esenciales que se requieren para que cualquier instalación fotovoltaica para autoconsumo y que está conectada a la red. Se estudiará cómo se cumple con toda la normativa, como las cubiertas en las que se encuentran los paneles son técnicamente válidas debido a que no se producen sombras externas que perjudiquen el rendimiento de los mismos. También se hará un estudio económico para mostrar la

amortización de la instalación de estas placas solares y a partir de qué momento posterior a su instalación empiezan a proporcionar una rentabilidad esperada para el cliente.

- **AISLADAS:** No tienen conexión a red eléctrica, es necesaria la instalación de baterías
- **AUTOCONSUMO**
Con conexión a Red
 - Con acumulación: no rentable (amortización alta)
 - Sin Acumulación
 - Sin vertido a red (Inyección cero)
 - Con vertido a red del excedente

En general, este proyecto se dividirá en distintas secciones. En primer lugar, hablaremos de una memoria descriptiva, en la que se describirá el proyecto con las diferentes objeciones que esto conlleva. Seguidamente continuaremos con una memoria de cálculo, donde se especificarán todos y cada uno de los cálculos utilizados para llevar a cabo la instalación. Continuaremos mostrando las mediciones y el presupuesto del proyecto, así como todos los beneficios que se pueden adquirir tras ejecutar la instalación. Se desarrollará un estudio básico de seguridad y salud, donde se puede indicar todas y cada una de las normas vigentes que se concentran para que no se produzca ningún inconveniente burocrático a la hora de su implementación. Para terminar, se ha añadido tanto un pliego de condiciones técnicas para las instalaciones únicamente conectadas a la red de distribución como las fichas técnicas de los equipos utilizados y los planos de las cubiertas donde se sitúan las placas fotovoltaicas.

1.5. Normativa aplicable.

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE 5 "Generación mínima de energía eléctrica".
- Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1433/2003 de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia
- Norma UNE-EN-IEC 61853-3-4 sobre Módulos fotovoltaicos. Criterios ecológicos.
- Norma UNE-EN 50380 sobre Informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.
- Norma UNE EN 60891 sobre Procedimiento de corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- Norma UNE EN 60904 sobre Dispositivos fotovoltaicos. Requisitos para los módulos solares de referencia.
- Norma UNE 20460-7-712:2006 sobre Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía - Guía.
- Norma UNE EN 61194 sobre Parámetros característicos de sistemas fotovoltaicos (FV) autónomos.
- Norma UNE 61215 sobre Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo.
- Norma UNE EN 61277 sobre Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía.
- Norma UNE EN 61453 sobre Ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos (FV).
- Norma UNE EN 61646:1997 sobre Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo.
- Norma UNE EN 61683 sobre Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- Norma UNE EN 61701 sobre Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (FV).
- Norma UNE EN 61721 sobre Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico (FV) al daño por impacto accidental (resistencia al ensayo de impacto).
- Norma UNE EN 61724 sobre Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- Norma UNE EN 61725 sobre Expresión analítica para los perfiles solares diarios.
- Norma UNE EN 61727 sobre Sistemas fotovoltaicos (FV). Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica.
- Norma UNE EN 61829 sobre Campos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino. Medida en el sitio de características I-V.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

1.6. Descripción de la instalación.

1.6.1. Definición y características de la instalación.

Según la normativa vigente que se debe tener en cuenta para la instalación se han definido las características del proyecto como:

Según el Real Decreto 413/2014 por el cual se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, artículo 2 la instalación se clasifica como Subgrupo B.1.1, es decir, instalaciones que únicamente utilicen la radiación solar como energía primaria mediante la tecnología fotovoltaica.

Según el artículo 9 de la Ley 24/2013 se entiende por autoconsumo el consumo por parte de un consumidor de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociada al mismo.

Según el artículo 3 Real Decreto 244/2019 de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, la instalación se considera una instalación de producción próxima a la de consumo y asociada a la misma, cumpliéndose la condición de conectada a la red interior del consumidor.

Según el artículo 4, se clasifica como modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes acogida a compensación.

Solo existe un único tipo de sujeto de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que será el sujeto consumidor.

La instalación fotovoltaica de autoconsumo estará compuesta por los datos detallados en la siguiente tabla:

PANEL FOTOVOLTAICO	
POTENCIA PICO:	460WP
MODELO:	JKM460M-7RL3-V
MARCA:	JINKO
NUMERO DE PANELES	217

INVERSOR FOTOVOLTAICO	
POTENCIA NOMINAL	100.000W
POTENCIA MÁXIMA	100.000W
MODELO	SUN2000-100KTL-M1
MARCA	HUAWEI
NUMERO DE INVERSORES	1
MTTP	10
ENTRADAS POR MTTP	2

Según el artículo 3.h del Real Decreto 244/2019, la potencia instalada será la potencia máxima del inversor, por lo tanto, la potencia utilizada será de 100 KW.

La potencia pico de la instalación es de 99.280 Wp (217 módulos X 460 Wp)

El generador fotovoltaico se instalará en las cubiertas de varios edificios del club de campo, según se indica en planos. La inclinación (β) varía según el edificio, según se detalla en la memoria de cálculo, siendo orientación (α) -26° .

1.6.2. Descripción de la conexión a la red.

- Generalidades

En este punto, se describirán todos y cada uno de los detalles de la instalación eléctrica que se ha implantado en el proyecto.

En primer lugar, debemos tener en cuenta como principio general se tiene que asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico (clase I) en lo que afecta tanto a equipos (módulo e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua que será de doble aislamiento.

También hay que incorporar todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

Las disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas según la normativa que resulte aplicable, el funcionamiento de la instalación no deberá provocar en la red averías.

Asimismo, el funcionamiento de esta instalación no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Para retrasar al máximo la degradación de los materiales utilizados en la instalación, aquellos que estén situados en la intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, c.c., sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de aplicación en la legislación vigente.

- Sistemas de generadores fotovoltaicos

Los generadores fotovoltaicos son aquellos encargados de proporcionar aquella energía cuando no podamos utilizar la red general. A continuación, se detallan las características y el tipo de módulos que se han utilizado para la generación de energía.

Todos los módulos que integrarán la instalación serán del mismo modelo y satisfarán las especificaciones de la UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido. En este caso, el módulo a instalar que se ha empleado de la marca comercial JINKO, modelo MODULO JKM460M-7RL3-V con los marcos laterales de aluminio anodizado. Estos módulos llevarán de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre del fabricante, potencia pico, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación. También llevarán los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP65.

Es importante indicar que los paneles estarán diseñados para formar una estructura modular (tanto la estructura modular como la del generador se conectarán a tierra), siendo posible combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, a fin de obtener la tensión e intensidad deseadas. El fabricante proporcionará los accesorios e instrucciones necesarios para lograr una interconexión fácil y segura. En cualquier caso, las conexiones se efectuarán utilizando terminales en los cables.

- Conexión de los paneles

Los paneles se conectarán a un total de 13 string, se muestra más detallado en la siguiente tabla:

	NUMERO DE STRING	NUMERO DE MODULOS POR STRING	MODULOS
	7	16	112
	5	18	90
	1	15	15
TOTAL	13		217

Tabla 1. Conexión de paneles.

- Inversor

Será del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

El inversor a instalar es de la marca comercial HUAWEI, modelo SUN200-100KTL-M1. Se adjunta ficha técnica del inversor en el apartado de anexos del presente proyecto.

En este caso, las características básicas del inversor serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, incorporando protecciones frente a:

- C.C. en alterna.

- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

El inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Incorpora los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

Las características eléctricas de los inversores dependiendo del modelo utilizado serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiación solar un 10 % superiores a las condiciones estándar. Además, soportará picos de magnitud un 30 % superior a las condiciones estándar durante períodos de hasta 10 s.
- Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si los hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 kW.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

El inversor tiene un grado de protección IP 65 y estará garantizado para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre -20 °C y +60 °C de temperatura y entre 4 % y 100 % de humedad relativa.

La instalación deberá permitir la desconexión y seccionamiento del inversor, tanto en la parte de corriente continua como en la de corriente alterna, para que se puedan facilitar las tareas de mantenimiento.

- Sistemas para evitar el vertido de energía a la red

La instalación se clasifica como Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes acogida a compensación, por lo que no se instala sistema para evitar el vertido.

- Cableado

En cuanto al cableado que se ha utilizado para la implantación de la red podríamos decir en primer lugar que los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente. También los conductores serán de cobre y tendrán la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

De igual manera, todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie de acuerdo al RBT.

De ahí se llega a la conclusión de que siendo un local de pública concurrencia según la ITC-BT-028, los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios. Su clase de reacción al fuego mínima será Cca-s1b,d1,a1.

En resumidas cuentas se considera que para el mejor rendimiento en la instalación, se utiliza para corriente continua el cable H1Z2Z2-K de sección 6mm² reacción al fuego Ccas1b, d1,a1 y para corriente alterna el cable será RZ1-(AS) de sección 70mm² reacción al fuego Ccas1b, d1,a1.

- Puesta a tierra.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo al RBT.

La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a redes de baja tensión se hará de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución. La instalación dispondrá de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones.

- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a redes de baja tensión

En aplicación al artículo 14 del Real Decreto 1699/2011, el sistema de protecciones deberá cumplir las exigencias previstas en la reglamentación vigente. La instalación incluirá:

- Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido por el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Eventualmente, las funciones del elemento de corte general pueden ser cubiertas por otro dispositivo de la instalación generadora, que proporcione el aislamiento indicado entre el generador y la red.

- Interruptor diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continúa de la instalación.

- Interruptor automático de la conexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Eventualmente la función desarrollada por este interruptor puede ser desempeñada por el interruptor o interruptores de los equipos generadores. Eventualmente, las funciones del interruptor automático de la conexión y el interruptor de corte general pueden ser cubiertas por el mismo dispositivo.

- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (50,5 y 48 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).

Así mismo siendo una instalación de generación interconectada a la red de distribución en baja tensión dispone de un dispositivo que limita la inyección de corriente continua y la generación de sobretensiones, así como impedir el funcionamiento en isla de dicha red de distribución, de forma que la conexión de la instalación de generación no afecte al funcionamiento normal de la red ni a la calidad de suministro de los clientes conectados a ella.

El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.

- Pruebas realizadas

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores y contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador serán, como mínimo, las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada.

1.7. Infraestructura eléctrica.

Se detallan las características y todos los aspectos idóneos a conocer en relación a la infraestructura eléctrica de la instalación.

Se utilizarán varios circuitos que podrán encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En el caso de que se produzca una proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. Por otro lado, en caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones. Estos canalizadores también deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

conductores aislados bajo tubos protectores.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos flexibles en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro. Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:
 - Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
 - Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
 - En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
 - Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción, a condición de que sean no propagadores de la llama y serán admisibles para que estas canalizaciones puedan estar dispuestas en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire para que la canalización puede ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

En cuanto a la sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros y aquellas paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tienen suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitan, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

Conductores aislados bajo canales protectoras.

Se define como canal protectora al material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable según el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT) de 2017. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas".

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación. Estos trazados de canalizaciones estarán enterrados con la finalidad de que se produzca una comunicación entre los edificios.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible para una mayor facilidad en caso de una posible intervención físico-humana.

Conductores aislados bajo tierra en bandeja o soporte de bandejas

Sólo se utilizan estos conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE-HD 60364-5-52:2014.

Conductores aislados subterráneos.

Se emplearán las canalizaciones enterradas existentes en el club de campo para la comunicación entre edificios.

1.8. Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación (β), definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de azimut (α), definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Su valor es 0° para módulos orientados al Sur, -90° para módulos orientados al Este y $+90^\circ$ para módulos orientados al Oeste.

Para este proyecto se considera la inclinación óptima la latitud del lugar menos 10° y la orientación Sur. En la memoria de cálculo (punto 2) se justifica el cálculo de estas pérdidas.

1.9. Cálculo de las pérdidas por sombras.

Este procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del Sol.

En primer lugar, se debe conocer la localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición azimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección Sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal).

Posteriormente se realiza una representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura de trayectorias del sol en grados, en el que se muestra la banda de trayectorias del Sol a lo largo de todo el año. Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).

Cada una de las porciones del diagrama representa el recorrido del Sol en un cierto período de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Deberá escogerse como referencia para el cálculo la tabla de referencia más adecuada.

Las tablas se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Como en el apartado anterior los resultados se detallan en la memoria de cálculo.

1.9.1. Cálculo de distancia entre módulos.

Para determinar la distancia horizontal entre cada fila de captadores solares se aplicará las siguientes ecuaciones siguiente:

$$D_r = A + B$$

D_r = Distancia horizontal entre dos filas consecutivas

A = separación entre filas.

$$A = H/\text{tg}(61^\circ - \text{Latitud})$$

H = Altura de la parte alta del captador solar respecto de la parte baja del de la fila posterior.

$$H = L \cdot \text{sen } \beta$$

L = Longitud del captador solar

$$B = L \cdot \text{cos } \beta$$

1.10. Estudio de cargas

1.10.1. Descripción de la estructura de la cubierta existente

Como se ha expresado anteriormente, en este proyecto se desea instalar un sistema de captación de energía solar mediante módulos fotovoltaicos, los cuales se montarán sobre una estructura de aluminio integrada sobre las cubiertas actuales de varios edificios del club de campo. En esta instalación se implementan dos equipos de paneles con respecto a la superficie sobre la que están instalados, aquellos que se posicionan sobre la lona que cubre las pistas de pádel, y aquellos que se ubican sobre el edificio principal.



Ilustración 5. Vista satelital del Club de Campo, realizada por Google Earth.

En primer lugar, la primera parte de la instalación solar fotovoltaica (112 paneles) se montará sobre la cubierta existente que protege las pistas de pádel. Se trata de una cubierta tipo carpa poligonal que alberga 8 pistas de pádel. La cubierta está formada por 4 barras con una figura porticada poligonalmente en perfilaría de aluminio, con luz de 21,5 m entre ejes, apoyada sobre una estructura existente de acero compuesta por pilares IPE400 y HEB220 que arriostran todo el perímetro de la estructura, modulada a 5,64 m con un total de 8 vanos y 9 pórticos.

La cubierta es de tipo textil, tipo M2 de resistencia la fuego y 640 g/m², con tratamientos anti-moho y anti-ultravioleta, apta para sobrecargas de viento de hasta 29 m/s. Con objeto de no apoyar las placas fotovoltaicas directamente sobre la lona, se instalarán correas del tipo Z 150.2,5 con uniones atornilladas con cubrejuntas. estas correas serán de acero conformado en frio y galvanizado, de calidad S235 JR UNE 36-080-90 (antigua denominación A-37B DIN St 37-2) y con un límite elástico mínimo de S235 JR: 2.350 Kp/cm². También, en cuanto a la tornillería utilizada se detalla que es del tipo ordinario, calidad 5.6 y del tipo alta resistencia, calidad 10.9.

Por otra parte, el resto de la instalación fotovoltaica (105 paneles) se montará sobre el edificio principal que alberga la cafetería y gimnasio. Se trata de un edificio de una planta con cubierta horizontal, sobre la que se instalará una estructura auxiliar para obtener 30° de inclinación en los paneles solares.

En concreto en la cubierta se colocan 217 paneles fotovoltaicos de 156 células monocristalinos y tecnología PERC de dimensiones (Al x An): 2182x1029 mm, es decir, 2,2 m² aproximados por panel (477 m²) cada panel tiene una potencia pico de 460 w por lo que la potencia pico instalada para cada instalación es de 99.820 Wp.

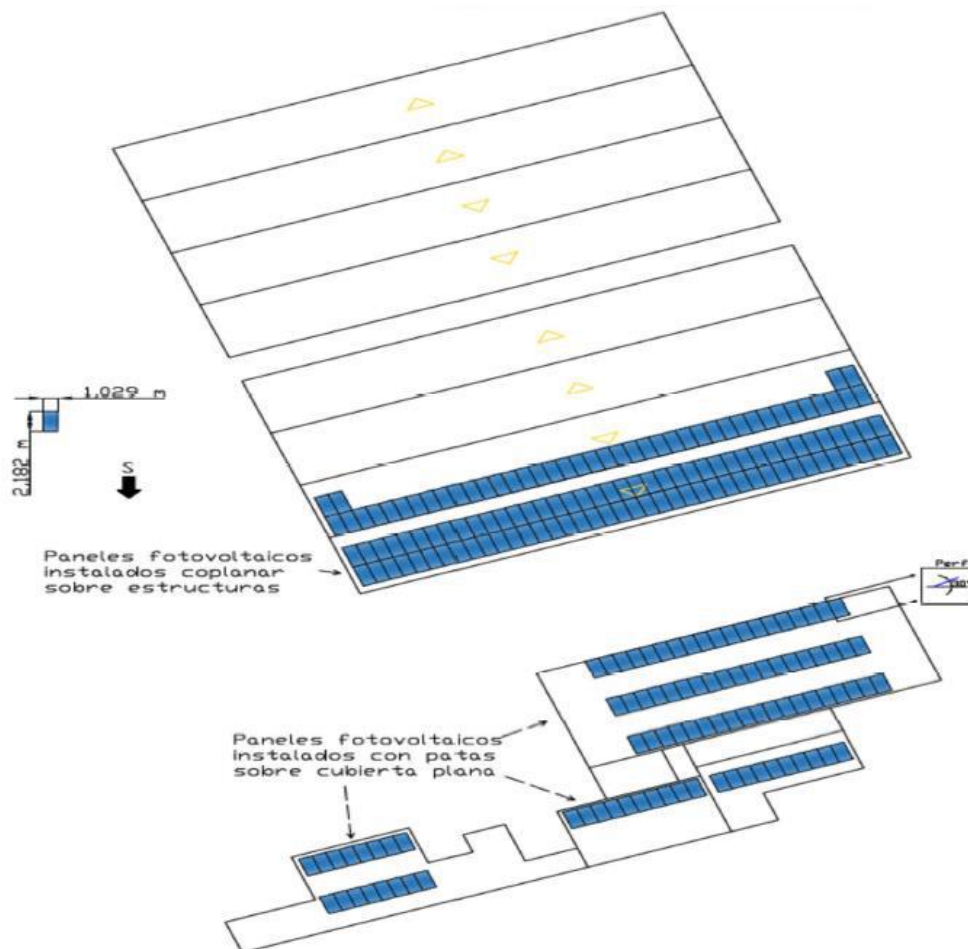


Ilustración 6. Boceto provisional de la cubierta.

Esta distribución de los paneles en cubierta es teórica viéndose desde programas como Google Earth, para analizarla como una de las posibles representaciones para posterior a la realización de los cálculos decidir cuál es la óptima ubicación definitiva donde quedarán los paneles FV teniendo en cuenta posibles problemas de sombras, mejores orientaciones e inclinaciones dentro de las distintas posibilidades y mayor proximidad de estos a la ubicación del inversor y cuadro eléctrico principal para disminuir las pérdidas de tensión en el cableado.

1.10.2. Cargas a transmitir por la instalación fotovoltaica

El sistema que se instalará en la cubierta de las pistas de pádel estará formado por módulos fotovoltaicos Jinko JKM460-M de dimensiones 2182x1029x35mm con un peso de 25,0 Kg/ud, como puede verse en la documentación facilitada por los fabricantes. Dichos módulos se atornillarán a dos líneas de correas fijadas a los pórticos existentes, por lo que teniendo en cuenta que el ancho de cada módulo es de 1 m aproximadamente, la carga lineal transmitidas a cada una de las 2 correas será de 12,5 Kg/m.

1.10.3. Cálculo de hipótesis de carga tras el montaje de la instalación.

Obtendremos los valores de carga, tanto ponderadas como sin ponderar. Los valores de los coeficientes de seguridad se establecen en la tabla expuesta a continuación del DB-SE "Seguridad Estructural" para cada tipo de acción.

Tipo de verificación	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		Desfavorable	Favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1.35	0.80
	Empuje del terreno	1.35	0.70
	Presión del agua	1.20	0.90
	Variable	1.50	0
		Desestabilizadora	Estabilizado ra
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1.10	0.90
	Empuje del terreno	1.35	0.80
	Presión del agua	1.05	0.95
	Variable	1.50	0

Tabla 2. Valores de los coeficientes de seguridad.

La nueva situación de carga, en base al documento básico DB-SE "Seguridad Estructural", será:
Acciones permanentes:

- Peso propio de las correas de cubierta: 5,4 Kp/m
- Peso propio de los módulos fotovoltaicos 12.5 Kp/m
- TOTAL: 17,9 Kp/m

Acciones variables:

Según tabla 3.1 del DB-SE-AE, para la categoría de uso G(G1), cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado), se aplicarán una carga uniforme de 0,4 KN/m² y una carga concentrada de 1 KN. La distancia entre correas será de 1 m por lo que la carga uniforme de 0,4 KN/ m² se traducirá en una carga lineal de 40 Kp/m.

Hipótesis 1:

Peso propio módulos fotovoltaicos (Kp/m)	12,5
Peso propio correas (Kp/m)	5,4
Sobrecarga uso (Kp/m)	40

La carga que hemos obtenido es sin ponderar, aplicando los coeficientes de ponderación indicados en la tabla 4.1 del DB-SE obtenemos la carga ponderada:

$$P1^* = 1,35 \times 17,9 + 1,50 \times 40 = 84,165 \text{ Kp/m}$$

La pendiente de la cubierta es de 29° por lo que las componentes normal y tangencial de la carga vertical son las siguientes:

$$P_{vn}^* = 84,165 \cos\alpha = 84,165 \cos 29^\circ = 73,61 \text{ Kp/m}$$

$$P_{vt}^* = 84,165 \operatorname{sen}\alpha = 84,165 \operatorname{sen} 29^\circ = 40,80 \text{ Kp/m}$$

Los momentos flectores producidos por una carga lineal son los siguientes:

$$M_f = q l^2 / 8$$

La distancia entre pórticos es $l = 5,64 \text{ m}$, por lo que los momentos flectores ponderados serán:

$$M_{fn}^* = 292,69 \text{ Kp.m} = 29.269 \text{ Kp.cm}$$

$$M_{ft}^* = 162,22 \text{ Kp.m} = 16.222 \text{ Kp.cm}$$

En nuestro caso, las correas Z 150.2,5 tienen las siguientes características:

$$W_x = 36,09 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 11,76 \text{ cm}^3$$

$$P = 5,4 \text{ Kg/m}$$

Una vez obtenidos los momentos flectores que soportan las correas, obtendremos las tensiones:

$$\sigma_{fn}^* = M^*/W = 29.269 \text{ Kp.cm} / 36,09 \text{ cm}^3 = 810 \text{ Kp/cm}^2$$

$$\sigma_{ft}^* = M^*/W = 16.222 \text{ Kp.cm} / 11,76 \text{ cm}^3 = 1379 \text{ Kp/cm}^2$$

Estos dos esfuerzos nos dan una tensión resultante en el material de:

$$\sigma_r^* = 1.599 \text{ Kp/cm}^2 < \sigma_{adm} = 2.350 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (CUMPLE)}$$

Hipótesis 2: carga concentrada

Peso propio módulos fotovoltaicos (Kp/m)	12,5
Peso propio correas (Kp/m)	5,4
Sobrecarga uso (Kp)	100

Tabla 3. Datos a tener en cuenta para la carga concentrada.

La carga que hemos obtenido es sin ponderar, aplicando los coeficientes de ponderación indicados en la tabla 4.1 del DB-SE obtenemos la carga ponderada:

$$P1^* = 1,35 \times 17,9 = 24,165 \text{ Kp/m}$$
$$P2^* = 1,5 \times 100 = 150 \text{ Kp}$$

Las componentes normal y tangencial de la carga vertical son las siguientes:

$$P_{vn}^* = 24,165 \cos\alpha = 24,165 \cos 29^\circ = 21,13 \text{ Kp/m}^2$$
$$P_{vt}^* = 24,165 \operatorname{sen}\alpha = 24,165 \operatorname{sen} 29^\circ = 11,71 \text{ Kp/m}^2$$

Los momentos flectores producidos por una carga lineal son los siguientes:

$$M_f = q l^2 / 8$$

La distancia entre pórticos es $l = 5,64 \text{ m}$, por lo que los momentos flectores ponderados serán:

$$M_{fn}^* = 84,01 \text{ Kp.m} = 8.401 \text{ Kp.cm}$$
$$M_{ft}^* = 46,58 \text{ Kp.m} = 4.658 \text{ Kp.cm}$$

Una vez obtenidos los momentos flectores que soportan las correas, obtendremos las tensiones:

$$\sigma_{fn}^* = M_{fn}^* / W_x = 8.401 \text{ Kp.cm} / 36,09 \text{ cm}^3 = 232 \text{ Kp/cm}^2$$
$$\sigma_{ft}^* = M_{ft}^* / W_y = 4.658 \text{ Kp.cm} / 11,76 \text{ cm}^3 = 396 \text{ Kp/cm}^2$$

Estos dos esfuerzos nos dan una tensión resultante en el material de:

$$\sigma_f^* = 459 \text{ Kp/cm}^2$$

Para la carga puntual tenemos que las componentes normal y tangencial son las siguientes:

$$P_{vn}^* = 150 \cos\alpha = 150 \cos 29^\circ = 131,19 \text{ Kp}$$
$$P_{vt}^* = 150 \operatorname{sen}\alpha = 150 \operatorname{sen} 29^\circ = 72,72 \text{ Kp}$$

Los momentos flectores producidos por una carga puntual son los siguientes:

$$M_f = P l / 4$$

La distancia entre pórticos es $l = 5,64 \text{ m}$, por lo que los momentos flectores ponderados serán:

$$M_{fn}^* = 184,97 \text{ Kp.m} = 18.497 \text{ Kp.cm}$$
$$M_{ft}^* = 102,53 \text{ Kp.m} = 10.253 \text{ Kp.cm}$$

Una vez obtenidos los momentos flectores que soportan las correas, obtendremos las tensiones:

$$\sigma_{fn}^* = M_{fn}^* / W = 18.497 \text{ Kp.cm} / 36,09 \text{ cm}^3 = 512 \text{ Kp/cm}^2$$
$$\sigma_{ft}^* = M_{ft}^* / W = 10.253 \text{ Kp.cm} / 11,76 \text{ cm}^3 = 871 \text{ Kp/cm}^2$$

Estos dos esfuerzos nos dan una tensión resultante en el material de:

$$\sigma_f^* = 1.010 \text{ Kp/cm}^2$$

La suma total de la hipótesis 2 dan una tensión resultante en el material de:

$$\sigma_f^* = 1.469 \text{ Kp/cm}^2 < \sigma_{adm} = 2.350 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (CUMPLE)}$$

1.11. Conclusión memoria descriptiva

Con toda la información anteriormente expuesta, se da por concluida y justificada la memoria descriptiva del proyecto y el objeto del mismo. Por otra parte, todos los planos que complementan este punto se encuentran en el anexo de este proyecto.

2. Memoria de Cálculo

2.1. Potencia del generador.

2.1.1. Energía generada por el panel.

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) P_{mp} PR}{G_{CEM}}$$

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS$$

$$FI = 1 - [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$$

$$PR = (1 - L_{cab}) \cdot (1 - L_{dis}) \cdot (1 - L_{inv}) \cdot (1 - L_{pol}) \cdot (1 - L_{ref}) \cdot (1 - L_{reg}) \cdot (1 - L_{tem}) \cdot (1 - L_{usu})$$

$$E_p = \sum E_{pn}$$

E_p	Energía producida (472460.25 Wh/día)
P_{mp}	Potencia nominal (99820.00 W)
G_{CEM}	Irradiación sobre los paneles en CEM (1 kWh/m ²)
$G_{dm}(0)$	Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano horizontal (5.24 kWh/m ² día)
$G_{dm}(\alpha, \beta)$	Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del panel, en el que se han descontado las pérdidas por sombras (ver tabla)
FI	Factor de irradiación para la orientación e inclinación elegidas (ver tabla)
FS	Factor de sombra para el emplazamiento de los paneles (1 - L_{som}) (ver tabla)
α	Orientación de los paneles respecto al Sur (ver tabla)
β	Inclinación de los paneles respecto a su posición horizontal (ver tabla)
β_{opt}	Inclinación óptima de los paneles respecto a su posición horizontal (27.29 °)
K	Factor dependiente de la inclinación óptima de los paneles (1.15)

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha = 0^\circ, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\Phi + 10$	1.7
Julio	$\Phi - 20$	1
Anual	$\Phi - 10$	1.15

Tabla 4. Pérdidas por orientación e inclinación.

PR	Rendimiento energético (0.81440)
L _{cab}	Pérdidas de potencia en el cableado de corriente continua entre los paneles fotovoltaicos y la entrada del inversor, incluyendo las pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, diodos antiparalelo en caso de que se dispongan, etc. (0.06)
L _{dis}	Pérdidas de potencia por dispersión de parámetros entre módulos (0.02)
L _{inv}	Pérdidas de potencia en el inversor (0.01)
L _{pol}	Pérdidas de potencia debidas al polvo y la suciedad sobre los módulos fotovoltaicos (0.03)
L _{ref}	Pérdidas de potencia por reflectancia angular espectral, cuando se utiliza un piranómetro como referencia de medidas. Si se utiliza una célula de tecnología equivalente (CTE), el término es cero. (0.03)
L _{tem}	Pérdidas medias por temperatura (Anual) (0.04706)
L _{usu}	Otras pérdidas de potencia (0.00)

Pérdidas por orientación e inclinación

$$FI = 1 - [1.2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$$

FI	Factor de irradiación para la orientación e inclinación elegidas (ver tabla)
α	Orientación de los paneles respecto al Sur (ver tabla)
β	Inclinación de los paneles respecto a su posición horizontal (ver tabla)
β_{opt}	Inclinación óptima de los paneles respecto a su posición horizontal (27.29 °)
K	Factor dependiente de la inclinación óptima de los paneles (1.15)

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{(\alpha = 0^\circ, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\Phi + 10$	1.7
Julio	$\Phi - 20$	1
Anual	$\Phi - 10$	1.15

Tabla 5. Pérdidas por orientación e inclinación.

Pérdidas por sombras

$$FS = 1 - L_{som}$$

FS	Factor de sombra para el emplazamiento de los paneles (1 - L _{som}) (ver tabla)
----	---

Valores máximos permitidos para las pérdidas por orientación, inclinación y sombras

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla siguiente:

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI + S)
Plano inclinado	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 6. Valores máximos permitidos para las pérdidas por orientación, inclinación y sombras.

Perdidas por temperatura

$$L_{tem} = g \cdot (T_c - 25)$$

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) \cdot \frac{G}{800}$$

L_{tem}	Pérdidas medias por temperatura (Anual)
g	Coefficiente de temperatura de la potencia, en $1/^\circ\text{C}$.
T_c	Temperatura de las células solares, en $^\circ\text{C}$.
T_{amb}	Temperatura ambiente a la sombra, en $^\circ\text{C}$.
$TONC$	Temperatura de operación nominal del módulo. (40.00°)
G	Irradiación solar, W/m^2

Módulo fotovoltaico	T_c	L_{tem}
1	37.74 °	0.044 59
2	37.74 °	0.044 59
3	37.74 °	0.044 59
4	37.74 °	0.044 59
5	37.74 °	0.044 59
6	37.74 °	0.044 59
7	37.74 °	0.044 59
8	37.74 °	0.044 59
9	37.74 °	0.044 59
10	37.74 °	0.044 59
11	37.74 °	0.044 59
12	37.74 °	0.044 59
13	37.74 °	0.044 59
14	37.74 °	0.044 59
15	37.74 °	0.044 59
16	37.74 °	0.044 59
17	37.74 °	0.044

		59
18	37.74 °	0.044 59
19	37.74 °	0.044 59
20	37.74 °	0.044 59
21	37.74 °	0.044 59
22	37.74 °	0.044 59
23	37.74 °	0.044 59
24	37.74 °	0.044 59
25	37.74 °	0.044 59
26	37.74 °	0.044 59
27	37.74 °	0.044 59
28	37.74 °	0.044 59
29	37.74 °	0.044 59
30	37.74 °	0.044 59
31	37.74 °	0.044 59
32	37.74 °	0.044 59
33	38.26 °	0.046 43
34	38.26 °	0.046 43
35	38.26 °	0.046 43
36	38.26 °	0.046 43
37	38.26 °	0.046 43
38	38.26 °	0.046 43
39	38.26 °	0.046 43
40	38.26 °	0.046 43
41	38.26 °	0.046 43
42	38.26 °	0.046 43
43	38.26 °	0.046 43
44	38.26 °	0.046 43
45	38.26 °	0.046 43
46	38.26 °	0.046 43
47	38.26 °	0.046 43
48	38.26 °	0.046

		43
49	38.26 °	0.046 43
50	38.26 °	0.046 43
51	38.26 °	0.046 43
52	38.26 °	0.046 43
53	38.26 °	0.046 43
54	38.26 °	0.046 43
55	38.26 °	0.046 43
56	38.26 °	0.046 43
57	38.26 °	0.046 43
58	38.26 °	0.046 43
59	38.26 °	0.046 43
60	38.26 °	0.046 43
61	38.26 °	0.046 43
62	38.26 °	0.046 43
63	38.26 °	0.046 43
64	38.26 °	0.046 43
65	38.27 °	0.046 44
66	38.27 °	0.046 44
67	38.27 °	0.046 44
68	38.27 °	0.046 44
69	38.27 °	0.046 44
70	38.27 °	0.046 44
71	38.27 °	0.046 44
72	38.27 °	0.046 44
73	38.27 °	0.046 44
74	38.27 °	0.046 44
75	38.27 °	0.046 44
76	38.27 °	0.046 44
77	38.27 °	0.046 44
78	38.27 °	0.046 44
79	38.27 °	0.046

		44
80	38.27 °	0.046 44
81	38.26 °	0.046 40
82	38.26 °	0.046 40
83	38.26 °	0.046 40
84	38.26 °	0.046 40
85	38.26 °	0.046 40
86	38.26 °	0.046 40
87	38.26 °	0.046 40
88	38.26 °	0.046 40
89	38.26 °	0.046 40
90	38.26 °	0.046 40
91	38.26 °	0.046 40
92	38.26 °	0.046 40
93	38.26 °	0.046 40
94	38.26 °	0.046 40
95	38.26 °	0.046 40
96	38.26 °	0.046 43
97	38.30 °	0.046 53
98	38.30 °	0.046 53
99	38.30 °	0.046 53
100	38.30 °	0.046 53
101	38.30 °	0.046 53
102	38.30 °	0.046 55
103	38.31 °	0.046 59
104	38.36 °	0.046 75
105	38.26 °	0.046 40
106	38.26 °	0.046 40
107	38.26 °	0.046 40
108	38.26 °	0.046 40
109	38.26 °	0.046 40
110	38.26 °	0.046

		40
111	38.26 °	0.046 40
112	38.26 °	0.046 40
113	38.42 °	0.046 95
114	38.42 °	0.046 95
115	38.42 °	0.046 95
116	38.42 °	0.046 95
117	38.42 °	0.046 95
118	38.42 °	0.046 95
119	38.42 °	0.046 95
120	38.42 °	0.046 95
121	38.42 °	0.046 95
122	38.42 °	0.046 95
123	38.42 °	0.046 95
124	38.42 °	0.046 95
125	38.42 °	0.046 95
126	38.42 °	0.046 95
127	38.43 °	0.047 01
128	38.43 °	0.047 01
129	38.43 °	0.047 01
130	38.43 °	0.047 01
131	38.42 °	0.046 95
132	38.42 °	0.046 95
133	38.42 °	0.046 95
134	38.42 °	0.046 95
135	38.42 °	0.046 95
136	38.42 °	0.046 95
137	38.42 °	0.046 95
138	38.42 °	0.046 95
139	38.43 °	0.047 01
140	38.43 °	0.047 01
141	38.43 °	0.047

		01
142	38.43 °	0.047 01
143	38.43 °	0.047 01
144	38.43 °	0.047 01
145	38.43 °	0.047 01
146	38.45 °	0.047 06
147	38.45 °	0.047 06
148	38.45 °	0.047 06
149	38.42 °	0.046 95
150	38.42 °	0.046 95
151	38.43 °	0.047 01
152	38.43 °	0.047 01
153	38.43 °	0.047 01
154	38.43 °	0.047 01
155	38.43 °	0.047 01
156	38.43 °	0.047 01
157	38.43 °	0.047 01
158	38.43 °	0.047 01
159	38.43 °	0.047 01
160	38.45 °	0.047 06
161	38.45 °	0.047 06
162	38.45 °	0.047 06
163	38.45 °	0.047 06
164	38.45 °	0.047 06
165	38.45 °	0.047 06
166	38.45 °	0.047 06
167	38.45 °	0.047 06
168	38.45 °	0.047 06
169	38.45 °	0.047 06
170	38.45 °	0.047 06
171	38.45 °	0.047 06
172	38.45 °	0.047

		06
173	38.45 °	0.047 06
174	38.45 °	0.047 06
175	38.45 °	0.047 06
176	38.45 °	0.047 06
177	38.45 °	0.047 06
178	38.45 °	0.047 06
179	38.45 °	0.047 06
180	38.45 °	0.047 06
181	38.45 °	0.047 06
182	38.45 °	0.047 06
183	38.45 °	0.047 06
184	38.45 °	0.047 06
185	38.45 °	0.047 06
186	38.45 °	0.047 06
187	38.45 °	0.047 06
188	38.45 °	0.047 06
189	38.45 °	0.047 06
190	38.45 °	0.047 06
191	38.45 °	0.047 06
192	38.45 °	0.047 06
193	38.45 °	0.047 06
194	38.45 °	0.047 06
195	38.45 °	0.047 06
196	38.45 °	0.047 06
197	38.45 °	0.047 06
198	38.45 °	0.047 06
199	38.45 °	0.047 06
200	38.45 °	0.047 06
201	38.45 °	0.047 06
202	38.45 °	0.047 06
203	38.45 °	0.047

		06
204	38.45 °	0.047 06
205	38.45 °	0.047 06
206	38.45 °	0.047 06
207	38.45 °	0.047 06
208	38.45 °	0.047 06
209	38.45 °	0.047 06
210	38.45 °	0.047 06
211	38.45 °	0.047 06
212	38.45 °	0.047 06
213	38.45 °	0.047 06
214	38.45 °	0.047 06
215	38.45 °	0.047 06
216	38.45 °	0.047 06
217	38.45 °	0.047 06

Tabla 7. Pérdidas por temperatura en cada panel de la instalación.

Pérdidas por efecto Joule en el cableado (L_{cab})

Pérdidas de potencia en el cableado de corriente continua entre los paneles fotovoltaicos y la entrada del inversor, incluyendo las pérdidas en fusibles, conmutadores, conexionados, diodos antiparalelo en caso de que se dispongan, etc. (0.06)

Pérdidas por polvo y suciedad (L_{pol})

Dependen del emplazamiento de la instalación y de las condiciones meteorológicas. El valor anual estimado es 0.03

Pérdidas rendimiento del inversor (L_{inv})

El inversor tiene un rendimiento del 98.80 %, por lo que las pérdidas por rendimiento serán de 0.01

Pérdidas por disipación de parámetros entre módulos y por reflectancia angular espectral

Se estiman en $L_{dis} = 0.02$ y en $L_{ref} = 0.03$

2.1.2. Conexionado entre los módulos

Como se ha indicado anteriormente, la instalación diseñada se compone de 13 strings, tal y como se indica en la siguiente tabla:

	NUMERO DE STRING	NUMERO DE MODULOS POR STRING	MODULOS
	7	16	112
	5	18	90
	1	15	15
TOTAL	13		217

Tabla 8. Conexionado entre los módulos.

Tensiones

16 módulos x 48,88V	782,08
18 módulos x 48,88V	879,84
15 módulos x 48,88V	733,20

Tabla 9. Tensiones entre módulos.

Intensidad total

El número de ramas colocadas en paralelo • Intensidad en cada rama = $13 \cdot 8,61 \text{ A} = 111,93 \text{ A}$

2.2. Inversor

Voltaje				
m p p t	Voltaje mínimo	Voltaje máximo	Tensión de entrada	Comprobación
1	200.00 V	1000.00 V	782.08 V	✓
2	200.00 V	1000.00 V	782.08 V	✓
3	200.00 V	1000.00 V	782.08 V	✓
4	200.00 V	1000.00 V	782.08 V	✓
5	200.00 V	1000.00 V	879.84 V	✓
6	200.00 V	1000.00 V	879.84 V	✓
7	200.00 V	1000.00 V	879.84 V	✓
8	200.00 V	1000.00 V	879.84 V	✓
9	200.00 V	1000.00 V	879.84 V	✓
10	200.00 V	1000.00 V	733.20 V	✓

Tabla 10. Voltaje del inversor.

Intensidad del inversor por entrada MPPT			
m p p t	Intensidad máxima admisible	Intensidad de entrada	Comprobación
1	26.00 A	17.22 A	✓
2	26.00 A	17.22 A	✓
3	26.00 A	17.22 A	✓
4	26.00 A	8.61 A	✓
5	26.00 A	8.61 A	✓

6	26.00 A	8.61 A	✓
7	26.00 A	8.61 A	✓
8	26.00 A	8.61 A	✓
9	26.00 A	8.61 A	✓
10	26.00 A	8.61 A	✓

Tabla 11. Intensidad del inversor por entrada MPPT.

2.3. Distancia mínima entre filas de módulos

En cuanto a la separación entre cada fila de módulos cabe destacar que como norma general de diseño, cuando se realiza una instalación fotovoltaica sobre un plano horizontal, la distancia entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura 'h' que pueda proyectar sombras, debe garantizar al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

Asimismo, la separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente respetará la distancia mínima, considerando en este caso 'h' la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la posterior, efectuándose todas las medidas con relación al plano que contiene las bases de los módulos.

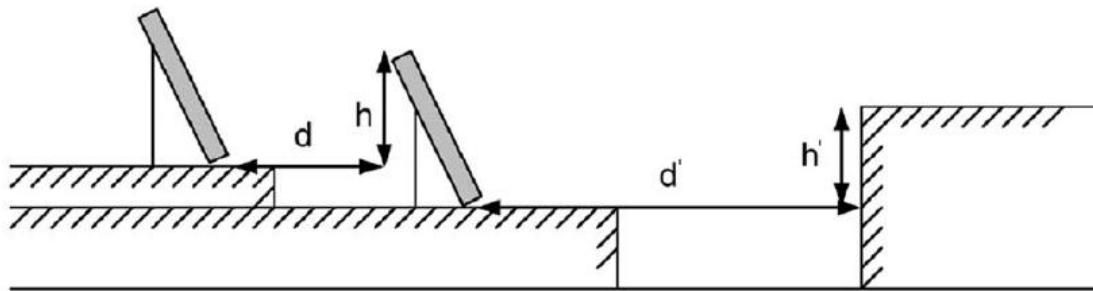


Ilustración 7. Boceto de la disposición de los paneles (distancia y altura)

En cualquier caso, estas distancias han de ser como mínimo igual a:

$$d = h \cdot k$$

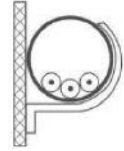
$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \Phi)}$$

- d Distancia entre filas de módulos (2.36m)
- d' Distancia entre la primera fila de módulos y un obstáculo de altura h (m)
- h Diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la posterior (1.036m)
- h' Altura de un obstáculo que pueda producir sombras sobre los paneles (m)
- k Factor de incidencia de la latitud del emplazamiento (2,277)
- Φ Latitud del emplazamiento (37,29°)

2.4. Cálculo de circuito eléctrico

2.4.1. Cálculo de circuito en corriente alterna

Se considera como referencia en el método de instalación la tabla B.52.1 descritos en la Normalización Española, Instalaciones eléctricas de baja tensión (UNE-HD 60364-5-52, Anexo B), donde vemos que el grupo B1 son conductores aislados en un tubo sobre una pared de madera, es decir, aislamiento termoplástico.



La tabla B.52.1 detalla los métodos de instalación de referencia para los cuales se refieren las corrientes admisibles tabuladas en las tablas B.52.2 a B.52.13.

Tabla de intensidades admisibles: B.52.5, columna 4 (1.50 a 300.00 mm²)
Sección nominal de los conductores: 70.00 mm², Cobre
Intensidad admisible: 222.00 A

FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Cuando la temperatura ambiente en la ubicación prevista de los conductores aislados o cables difiera de la temperatura ambiente de referencia, el factor de corrección apropiado dado en las tablas B.52.14 y B.52.15 debe aplicarse a los valores de las corrientes admisibles recogidas en las tablas B52.2 a B52.13.

Temperatura ambiente del emplazamiento: 40.00 °C
Temperatura ambiente de referencia: 30.00 °C
Rango admisible: 10.00 a 80.00 °C
Factor de corrección por temperatura (tabla B.52.14): 0.91

GRUPOS QUE CONTIENEN MÁS DE UN CIRCUITO

Las corrientes admisibles dadas en las tablas B.52.2 a B.52.7 se refieren a circuitos individuales. Cuando en el mismo grupo se instalan más conductores aislados o cables, deben aplicarse los factores de reducción por agrupamiento especificados en las tablas B.52.17 a B.52.19.

Tabla B.52.17 - Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito, o más de un cable multipolar para usarse con las corrientes admisibles de las tablas B.52.2 a B.52.13.

Disposición (en contacto): Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente (punto 1).

Número de circuitos o de cables multipolares: 1
Factor de agrupamiento: 1.00

$$I = 111,93 \text{ A} \leq 222,00 \text{ A} \cdot 0,91 \cdot 1,00 = 202,02 \text{ A}$$

CAIDA DE TENSIÓN MÁXIMA ADMISIBLE

En cuanto a la caída de tensión admisible podemos decir que será de hasta un 3% por lo tanto, como el valor de la caída de tensión de nuestra instalación fotovoltaica es de un 0,02%, podríamos verificar que está dentro del rango permitido.

Según la GUIA-BT-ANEXO 2, para realizar los cálculos de la caída de tensión empleamos:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos\varphi + X \cdot I \cdot \sin\varphi$$

Sabiendo que:

I Intensidad calculada (111.93 A)

R Resistencia de la línea (0.000 Ω), ver apartado (A)

X Reactancia de la línea (0.000 Ω), ver apartado (C)

φ Ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga;

$\cos \varphi$ 1.00

$\sen \varphi$ 0.00

Basta con sustituir la intensidad calculada en función de la potencia en la fórmula anterior, y tener en cuenta que en trifásico la caída de tensión de línea será raíz de tres veces la caída de tensión de fase calculada de esta forma, y que en monofásico habrá que multiplicarla por un factor de dos para tener en cuenta tanto el conductor de ida como el de retorno. Por lo tanto:

Caída de tensión en trifásico: $\Delta U_{III} = \sqrt{3} \cdot \Delta U = 0,062 \text{ V}$

Caída de tensión, porcentaje: $100 \cdot \frac{\Delta U_{III}}{U_1} = 0,02 \%$ Sabiendo que U_1 es la tensión de la línea (398.37 V)

A) Resistencia del conductor en corriente continua

El valor de la resistencia de un cable se calcula como: $R_{toc} = R_{20cc}[1 + \alpha(\theta - 20)]$

$$R_{20cc} = \rho_{20} \frac{L}{S}$$

Con:

R_{tcc} Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura θ (0.000 Ω)

R_{20cc} Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C (0.000 Ω)

α Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en $^{\circ}\text{C}^{-1}$ para cables de cobre (0.00392)

θ Temperatura máxima en servicio prevista en el cable (55.35 $^{\circ}\text{C}$), ver apartado (B)

ρ_{20} Resistividad del conductor a 20°C para cables de cobre (0.018 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$)

S Sección del conductor (70.00 mm^2)

L Longitud de la línea (1.07 m)

B) Temperatura estimada en el conductor

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente T_0 (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}}\right)^2$$

Con:

T Temperatura real estimada en el conductor (55.35 $^{\circ}\text{C}$)

$T_{m\acute{a}x}$ Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (90.00 $^{\circ}\text{C}$)

T_0 Temperatura ambiente del conductor (40.00 $^{\circ}\text{C}$)

- I Intensidad prevista para el conductor (111.93 A)
- $I_{\text{máx}}$ Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (202.02 A)
- C) Reactancia en el cable (Según el criterio de la Guía-BT-Anexo 2)

La reactancia de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En ausencia de datos se puede estimar la reactancia como un incremento adicional de la resistencia de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \approx 0$

Tabla 12. Reactancia en el cable.

Para secciones menores de o iguales a 120 mm², la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

Para establecer una coordinación entre conductores y dispositivos de protección contra sobrecargas utilizamos como referencia la Normativa Española, UNE-HD 60364-4-43, apartado 433.1. La cual nos dice que las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable contra sobrecargas deben satisfacer las siguientes dos condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

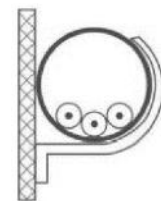
$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z = 292.93 \text{ A}$$

Con:

- I_B Intensidad de diseño del circuito (111.93 A)
- I_n Intensidad asignada del dispositivo de protección (Magnetotérmico, 160.00 A)
Para dispositivos de protección ajustables, la intensidad asignada I_n es la corriente seleccionada
- I_z Intensidad permanente admisible del cable (202.02 A)
- I_2 Intensidad efectiva asegurada en funcionamiento en el tiempo convencional del dispositivo de protección (181.25 A)

2.4.2. Cálculo circuito corriente continua (Caso más desfavorable)

Como se ha mencionado anteriormente, se considera como referencia en el método de instalación la tabla B.52.1 descritos en la Normalización Española, Instalaciones eléctricas de baja tensión (UNE-HD 60364-5-52, Anexo B), donde vemos que el grupo B1 son conductores aislados en un tubo sobre una pared de madera, es decir, aislamiento termoplástico.



La tabla B.52.1 detalla los métodos de instalación de referencia para los cuales se refieren las corrientes admisibles tabuladas en las tablas B.52.2 a B.52.13.

Tabla de intensidades admisibles: B.52.5, columna 4 (1.50 a 300.00 mm²)
Sección nominal de los conductores: 6.00 mm², Cobre
Intensidad admisible: 48.00 A

FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA

Cuando la temperatura ambiente en la ubicación prevista de los conductores aislados o cables difiera de la temperatura ambiente de referencia, el factor de corrección apropiado dado en las

tablas B.52.14 y B.52.15 debe aplicarse a los valores de las corrientes admisibles recogidas en las tablas B52.2 a B52.13.

Temperatura ambiente del emplazamiento: 40.00 °C

Temperatura ambiente de referencia: 30.00 °C

Rango admisible: 10.00 a 80.00 °C

Factor de corrección por temperatura (tabla B.52.14): 0.91

GRUPOS QUE CONTIENEN MÁS DE UN CIRCUITO

Las corrientes admisibles dadas en las tablas B.52.2 a B.52.7 se refieren a circuitos individuales. Cuando en el mismo grupo se instalan más conductores aislados o cables, deben aplicarse los factores de reducción por agrupamiento especificados en las tablas B.52.17 a B.52.19.

Tabla B.52.17 - Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito, o más de un cable multipolar para usarse con las corrientes admisibles de las tablas B.52.2 a B.52.13.

Disposición (en contacto): Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente (punto 1).

Número de circuitos o de cables multipolares: 1

Factor de agrupamiento: 1.00

$$I = 8.61 \text{ A} \leq 48.00 \text{ A} \cdot 0.91 \cdot 1.00 = 43.68 \text{ A}$$

CAIDA DE TENSION MÁXIMA ADMISIBLE

En cuanto a la caída de tensión admisible podemos decir que será de hasta un 3% por lo tanto, como el valor de la caída de tensión de nuestra instalación fotovoltaica es de un 0,02%, podríamos verificar que está dentro del rango permitido.

Según la GUIA-BT-ANEXO 2, para realizar los cálculos de la caída de tensión empleamos:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos\varphi + X \cdot I \cdot \text{sen}\varphi$$

Sabiendo que:

I Intensidad calculada (8.61 A)

R Resistencia de la línea (0.379 Ω), ver apartado (A)

X Reactancia de la línea (0.000 Ω), ver apartado (C)

φ Ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga;

cos φ 1.00

sen φ 0.00

Basta con sustituir la intensidad calculada en función de la potencia en la fórmula anterior, y tener en cuenta que en trifásico la caída de tensión de línea será raíz de tres veces la caída de tensión de fase calculada de esta forma, y que en monofásico habrá que multiplicarla por un factor de dos para tener en cuenta tanto el conductor de ida como el de retorno. Por lo tanto:

$$\text{Caída de tensión en trifásico: } \Delta U_{\text{III}} = \sqrt{3} \cdot \Delta U = 5.655 \text{ V}$$

$$\text{Caída de tensión, porcentaje: } 100 \cdot \frac{\Delta U_{\text{III}}}{U_1} = 0.72 \% \quad \text{Sabiendo que } U_1 \text{ es la tensión de la línea (782.08 V)}$$

A) Resistencia del conductor en corriente continua

El valor de la resistencia de un cable se calcula como: $R_{toc} = R_{20cc}[1 + \alpha(\theta - 20)]$

$$R_{20cc} = \rho_{20} \frac{L}{S}$$

Con:

- R_{tcc} Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura θ (0.372 Ω)
- R_{20cc} Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C (0.342 Ω)
- α Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C⁻¹ para cables de cobre (0.00392)
- θ Temperatura máxima en servicio prevista en el cable (41.94 °C), ver apartado (B)
- ρ_{20} Resistividad del conductor a 20°C para cables de cobre (0.018 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$)
- S Sección del conductor (6.00 mm²)
- L Longitud de la línea (114.11 m)

B) Temperatura estimada en el conductor

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente T_0 (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}}\right)^2$$

Con:

- T Temperatura real estimada en el conductor (41.94 °C)
- $T_{m\acute{a}x}$ Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (90.00 °C)
- T_0 Temperatura ambiente del conductor (40.00 °C)
- I Intensidad prevista para el conductor (8.61 A)
- $I_{m\acute{a}x}$ Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (43.68 A)

C) Reactancia en el cable (Según el criterio de la Guía-BT-Anexo 2)

La reactancia de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En ausencia de datos se puede estimar la reactancia como un incremento adicional de la resistencia de acuerdo a la siguiente tabla:

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \approx 0$

Tabla 13. Reactancia en el cable.

Para secciones menores de o iguales a 120 mm², la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

Para establecer una coordinación entre conductores y dispositivos de protección contra sobrecargas utilizamos como referencia la Normativa Española, UNE-HD 60364-4-43, apartado

433.1. La cual nos dice que las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable contra sobrecargas deben satisfacer las siguientes dos condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$
$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z = 292.93 \text{ A}$$

Con:

- I_B Intensidad de diseño del circuito (8.61 A)
- I_n Intensidad asignada del dispositivo de protección (Fusible, 16.00 A)
*Para dispositivos de protección ajustables, la intensidad asignada I_n es la corriente seleccionada
- I_z Intensidad permanente admisible del cable (43.68A)
- I_2 Intensidad efectiva asegurada en funcionamiento en el tiempo convencional del dispositivo de protección (25.60 A)

2.5. Conclusión

Con los datos anteriormente expuestos y sus correspondientes justificaciones matemáticas, queda definida la instalación.

3. Medición, dimensionamiento y presupuesto

3.1. Medición

En cuanto a la medición, se detallan la tipología de los distintos componentes que se han utilizado en la instalación, así como, el número de unidades que se han empleado de los mismos.

En primer lugar, se han instalado 217 unidades de paneles solares fotovoltaicos Wp Jinko modelo JKM460M-7RL3-V con 156 células de silicio monocristalino y que dichos paneles poseen una potencia nominal de 460 Wp. En cuanto a las dimensiones y al peso, podríamos decir que cada panel mide 2182x1029 mm y tiene un peso de 25.0 kg.

Seguidamente, para la sujeción de dichos paneles, se han implantado 217 unidades de estructuras de aluminio de la marca Schildt Solar System, una para cada uno de los paneles mencionados anteriormente. Se tratan de estructuras de aluminio con una tornillería de acero inoxidable para tanto la terraza inclinada como para la plana.

También, se ha implementado únicamente un solo inversor de la marca Huawei SUN2000-100KTL-M1 que poseen una potencia fotovoltaica máxima de 100 KW y un coeficiente de rendimiento del 98,9%. Posee un dispositivo de desconexión CC electrónico y un paquete de comunicación integrados de serie. Por último en cuanto a los seguidores MPPT, son 10 con 2 entradas de continua.

Se ha instalado también, un sistema de control JANITZA UMG 103-CBM, el cual está conectado tanto al inversor para la medición del consumo, como al control dinámico de la potencia activa.

Para la conexión al Router del cliente para su monitorización, se ha instalado un SMARTLOGGER 3000^a.

Por último, todos los elementos de conexión, protecciones y cableado. Estos son los siguientes:

- Cableado panel solar H1Z2Z2-K, Cca, s1b, d2, a1. (Terminales Multicontact T4) 2x6 mm²
- Conectores de panel solar MULTICONTAC MC4 (pareja)
- Correa carril ALU ZEBRA 47x37x2100
- Latiguillo panel (cable solar 4 mm² con conectores MC4)
- Fusibles cilíndrico 15 A 10x38 pv 900 V
- Base porta fusible cilíndrico PMX 10X38
- Pequeño material eléctrico y mecánico de montaje

3.2. Presupuesto

A continuación, se detallarán las características económicas del proyecto, es decir, se hará un estudio técnico-económico de la instalación, posteriormente una valoración económica y un estudio de viabilidad del proyecto.

3.2.1. Dimensionamiento de la instalación

Se ha detallado la continuación las características técnicas de la ubicación donde se va a realizar la instalación fotovoltaica.

Los criterios seguidos para dimensionar la instalación fotovoltaica de autoconsumo son en primer lugar, el consumo medio mensual: se ha estudiado la factura eléctrica suministrada. También se ha tenido en cuenta el espacio disponible en cubierta y si es suficiente para cubrir la demanda eléctrica necesaria. Por último, la legislación, ya que es necesario proyecto técnico e inspección por parte de la OCA. No superar los 100 kw por instalación para no necesitar autorización de punto de conexión a ENDESA.

DIMENSIONAMIENTO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO	
Actividad:	Instalaciones Deportivas
Localidad	Dos Hermanas (Sevilla)
Horas Pico Sol (media mensual)	5,25 horas/día
Corriente	Trifásica
Tarifa	3.0 A
Consumo acumulado últimos siete meses según gráfico en factura suministrada por el cliente	271.895,72 kWh
Consumo medio mensual según acumulado	22.657,98 kWh/mes

Tabla 14. Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica autoconsumo.

Cálculos precios medios de la electricidad en horas de sol según la tarifa

Con la tarifa 3.0 A, el precio de la electricidad depende de la hora del día: PUNTA, LLANO y VALLE y estos periodos variarán según la estación en la que nos encontremos divididas en dos INVIERNO (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo) y VERANO (abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre). Teniendo en cuenta las Horas de Sol de cada mes calculamos los porcentajes de horas de sol con irradiación significativa correspondiente a cada periodo (P) y realizamos una media ponderada

Ilustración 8. Impacto del sol según la tarifa 3.0 A en verano e invierno (horas/día).

Zona						
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
Península	18-22 h	8-18 h 22-24 h	0-8 h	11-15 h	8-11 h 15-24 h	0-8 h
Baleares	18-22 h	8-18 h 22-24 h	0-8 h	18-22 h	8-18 h 22-24 h	0-8 h
Canarias	18-22 h	8-18 h 22-24 h	0-8 h	11-15 h	8-11 h 15-24 h	0-8 h
Ceuta y Melilla	19-23 h	0-1 h 9-19 h 23-24 h	1-9 h	11-15 h	9-11 h 15-24 h 0-1 h	1-9 h

PRECIO MEDIO ELECTRICIDAD HORAS DE SOL			
PRECIO MEDIO ELECTRICIDAD ESTIMADO INVIERNO 5 MESES (SIN IVA)			
PERIODO	PORCENTAJE	PRECIO (€/kwh)	Nº Horas de sol con irradiación significativa
PUNTA	18,18%	0,094345	2
LLANO	81,82%	0,08155	9
VALLE	0,00%	0,061978	0
PRECIO MEDIO ELECTRICIDAD DURANTE HORAS SOL €/kwh		0,083876	
PRECIO MEDIO ELECTRICIDAD ESTIMADO VERANO 7 MESES (SIN IVA)			
PERIODO	PORCENTAJE	PRECIO(€/kwh)	Nº Horas de sol con irradiación significativa
PUNTA	33,33%	0,094345	4
LLANO	66,66%	0,08155	8
VALLE	0,00%	0,061978	0
PRECIO MEDIO ELECTRICIDAD DURANTE HORAS SOL €/kwh		0,085806	

Tabla 15. Precio medio electricidad horas de sol según tarifa 3.0 A.

Precio medio ponderado mes:

$$(0,083876 \text{ €/kwh} \times 5 \text{ meses invierno} + 0,085806 \text{ €/kwh} \times 7 \text{ meses verano}) / 12 \text{ meses} = 0,085002132 \text{ €/kwh}$$

3.2.2. Estudio técnico-económico

Análisis del consumo eléctrico de la instalación.

Se ha realizado un estudio exhaustivo del consumo de la instalación en un periodo de 12 meses para calcular la potencia fotovoltaica óptima a instalar

Energía eléctrica producida PV: El criterio seguido para el cálculo de la producción de energía eléctrica es el dado para una instalación de 99.820 w en las coordenadas geográficas del edificio donde se va a instalar mediante el programa de diseño PVGIS.

Con el nuevo Real Decreto 244/2019 de 5 de abril por el que se regulan las condiciones técnicas, económicas y administrativa para autoconsumo eléctrico, las instalaciones con vertidos de potencia menores a 100 KW deberán ser compensadas económicamente en la factura eléctrica mensual por las comercializadoras por el excedente no consumido y vertido a red a un precio pactado (precio mercado pool actual: 0,056 €/w). Este balance o facturación neta es solo mensual no acumulable a otros meses.

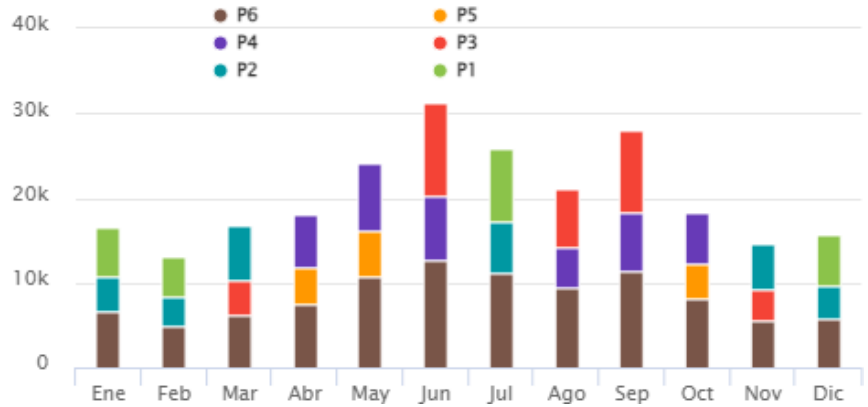
	Producción PV Según PVGIS (kWh)	Consumo (kWh)	% Cubierto mensual
Febrero 2020	12158,40	14901,06	82%
Marzo 2020	15598,40	8803,06	>100%
Abril 2020	15991,70	4234,15	>100%
Mayo 2020	17991,20	9983,35	>100%
Junio 2020	17891,00	20311,72	88%
Julio 2020	19102,00	36253,23	53%
Agosto 2020	18556,00	33005,00	56%
Total 7 meses	117288,70	127491,59	
Media Mensual	16755,53	18213,08	92%

Tabla 16. Análisis mensual del consumo eléctrico.

Consumo Mensual (kWh)	
Mes	Consumo
Enero	16.721
Febrero	13.286
Marzo	16.862
Abril	18.124
Mayo	24.319
Junio	31.364
Julio	25.926
Agosto	21.252
Septiembre	28.087
Octubre	18.364
Noviembre	14.781
Diciembre	15.702
Total	244.788

Tabla 17. Consumos mensuales (kWh)

Ilustración 9. Consumos acumulados por mes y periodo (kWh)



La ubicación donde se emplea la instalación está asociado a una tarifa 3.0TD. con los precios de energía expuestos en la tabla 2.

Además de los ahorros en energía consumida de la red, una instalación fotovoltaica consigue ahorros puramente económicos en el término fijo de la potencia contratada, evitando los picos de consumo y penalizaciones por excesos de potencia e incluso pudiendo bajar esta potencia contratada.

A continuación, se muestran los costes medios del término de energía estimados. Dichos precios se han tomado aplicándose una estimación de los cambios aprobados en el BOE-A-2021-4565 y aplicados a partir del 1 de junio de 2021.

Precio P1	Precio P2	Precio P3	Precio P4	Precio P5	Precio P6
0,228866 €/kWh	0,196669 €/kWh	0,148244 €/kWh	0,128905 €/kWh	0,118231 €/kWh	0,111248 €/kWh

Tabla 18. Precios de energía por periodo

Criterios elegidos para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica

El o los criterios elegidos a la hora de dimensionar la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo son los marcados en la siguiente relación:

- Máxima cobertura de la demanda eléctrica
- Máxima capacidad del espacio en cubierta sin sombras y con orientación adecuada
- Máxima potencia permitida por la legislación para la compensación del excedente por el procedimiento simplificado sin pedir punto de conexión a la distribuidora (15 Kw)
- Máxima potencia permitida por la legislación para la compensación del excedente por el procedimiento simplificado (100 Kw)
- Máxima potencia permitida por la legislación sin necesidad de inspección OCA (25 Kw)
- Máxima potencia para poder acogerse a las subvenciones de la Agencia Andaluza de la Energía (100 Kw)
- Máxima potencia del proyecto de actual instalación eléctrica del edificio (BIE)

- Máxima potencia solicitada por el cliente

Análisis de la generación fotovoltaica

La potencia óptima de la instalación se encuentra en 99,36 kWp para un consumo tipo de la instalación estudiada.

La herramienta PVGIS, desarrollada por la Comisión Europea, muestra los datos de radiación horarios en cualquier punto de Europa. En este sentido, la generación fotovoltaica anual total estimada es de 162.741 kWh/año.

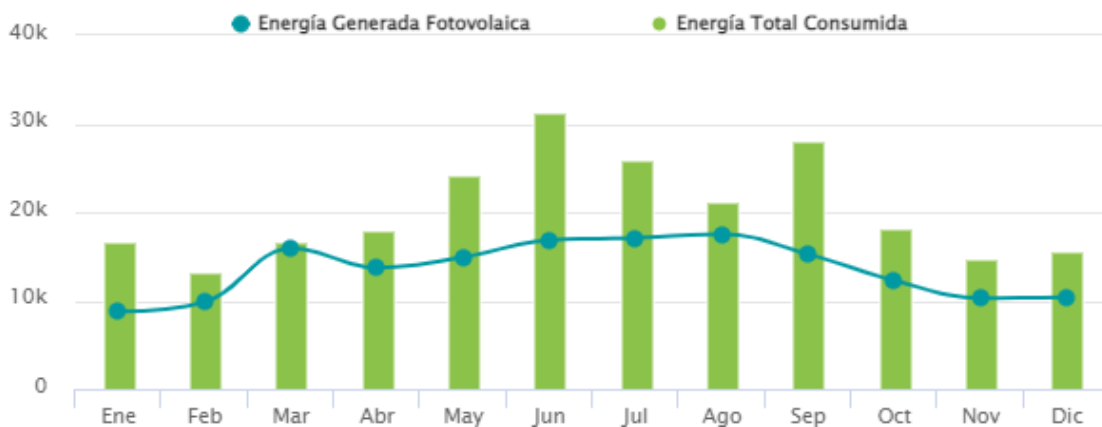
Generación mensual (kWh)	
Mes	Generación
Enero	8.752
Febrero	9.831
Marzo	15.932
Abril	13.719
Mayo	14.921
Junio	16.846
Julio	17.081
Agosto	17.512
Septiembre	15.241
Octubre	12.263
Noviembre	10.275
Diciembre	10.369
Total	162.741



Tabla 19. Generación mensual (kWh)

La siguiente tabla muestra el alcance que tendría la generación de la instalación fotovoltaica en comparación con el consumo mensual de la instalación.

Ilustración 11. Energía generada fotovoltaica frente a energía total consumida (kWh)



Cálculo del ahorro anual

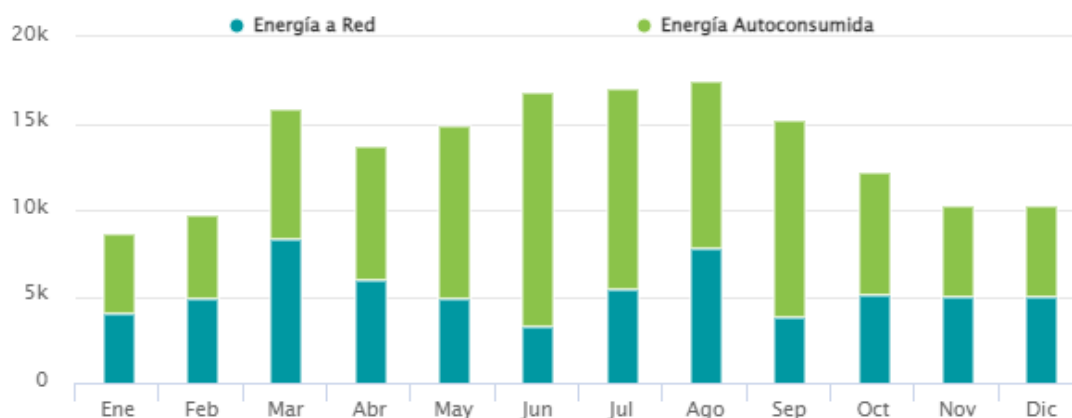
Con los datos de la energía demandada y la generación solar, se simulan los flujos energéticos de la instalación, teniendo en cuenta los periodos de consumo. De esta forma se puede saber que el autoconsumo proporciona al cliente una autosuficiencia del 40,3 %. con un autoconsumo total de 98.554 kWh/año.

Mes	Autoconsumo Solar (kWh)	Energía de red (kWh)	Excedentes a red (kWh)	Autosuficiencia (%)
Enero	4.63 6	12.085	4.116	2 7, 7
Febrero	4.83 5	8.451	4.996	3 6, 4
Marzo	7.55 4	9.308	8.378	4 4, 8
Abril	7.74 2	10.382	5.977	4 2, 7
Mayo	9.92 9	14.390	4.992	4 0, 8
Junio	13.5 63	17.801	3.284	4 3, 2
Julio	11.6 01	14.325	5.480	4 4, 7
Agosto	9.63 8	11.614	7.873	4 5, 4
Septiembre	11.3 59	16.728	3.882	4 0, 4
Octubre	7.07 3	11.291	5.191	3 8, 5
Noviembre	5.26 3	9.518	5.012	3 5, 6
Diciembre	5.36 2	10.340	5.007	3 4, 1
Total	98.5 54	146.23 4	64.187	4 0, 3

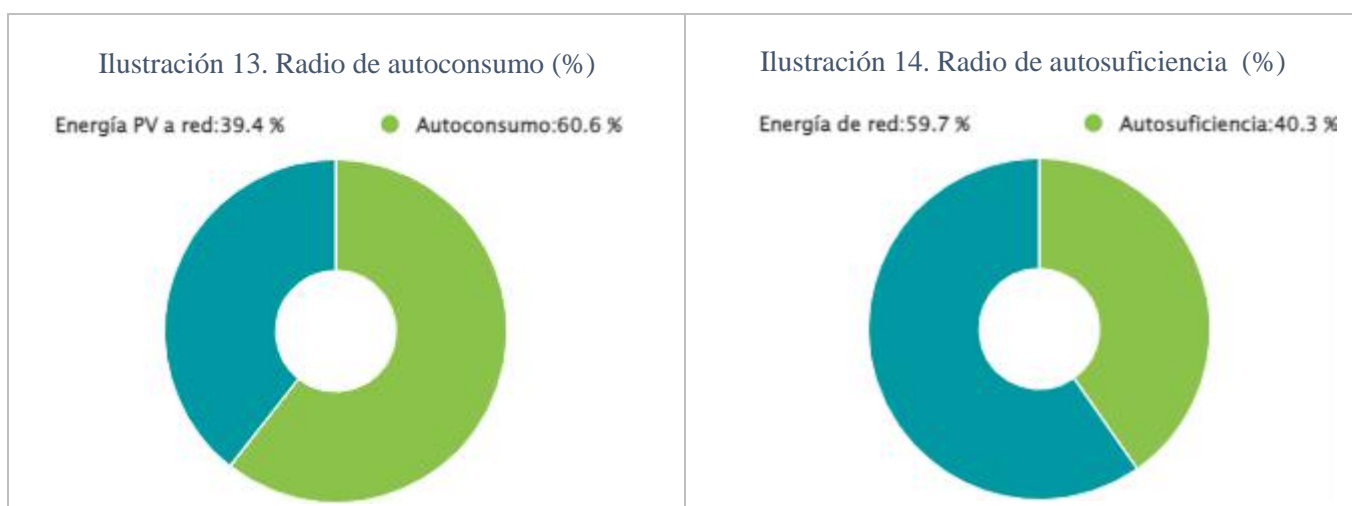
Tabla 20. Distribución mensual de la energía

La tabla posterior, muestra cuanta energía de la producida es auto consumida y cuanta vertida a red.

Ilustración 12. Distribución consumo mensual acumulado (kWh).



Se detalla con las dos siguientes gráficas la relación autoconsumo/vertido y autoconsumo/energía de red.



Una vez evaluados los flujos de energía en la instalación, se calcula el ahorro económico asociada a la autoproducción eléctrica. Se simula el coste de la demandad eléctrica de la instalación sin autoconsumo y después con autoconsumo, pudiéndose evaluar de esta forma el ahorro anual generado por la instalación.

Costes totales del término de energía (€)			
Mes	Total Sin Autoconsumo	Total Con Autoconsumo	Ahorrad o
Enero	2.949	1.835	1.113
Febrero	2.379	1.132	1.248
Marzo	2.578	846	1.732
Abril	2.076	825	1.251
Mayo	2.775	1.338	1.437
Junio	4.040	2.014	2.026
Julio	4.534	1.943	2.591
Agosto	2.714	961	1.754

Septiembre	3.604	1.848	1.756
Octubre	2.091	973	1.118
Noviembre	2.249	1.098	1.151
Diciembre	2.842	1.501	1.341
Total	34.831	16.313	18.518

Tabla 21. Costes mensuales totales tarifa estableciendo comparación en el caso de contar o no con autoconsumo.

Todo lo detallado anteriormente significa que el primer año la instalación fotovoltaica se proporcionará un ahorro total de 18.518 €, lo cual representa un ahorro del 53,16 % del coste total del término de energía. En este proyecto se realizará posteriormente un estudio de la viabilidad de la inversión teniendo en cuenta otros aspectos económicos y técnicos y que nuestros paneles fotovoltaicos están dando a los 25 años un 85 % de su rendimiento inicial.

Impacto ambiental de la instalación

Cabe destacar que además de los beneficios económicos que tiene una instalación 100 % renovable como es el autoconsumo solar. La reducción de la huella de carbono es otras de los puntos positivos de estas instalaciones, pudiendo contribuir de manera directa a la transición energética y mostrándose como una corporación comprometida, con proyección de futuro y verde.

Es decir, dicho de manera más específica, se evita la emisión de 39,22 toneladas CO₂ anuales, lo cual se traduce en un ahorro total de 933,57 tCO₂ en veinticinco años. Para establecer la comparación, el ahorro de emisiones de dióxido de carbono sería equivalente a recorrer 242.036 km al año en coche. La misma función que 4.520 árboles plantados al año.

Otros de los beneficios adicionales que nos proporcionan las instalaciones de autoconsumo solar:

- Marketing: La empresa ganará en imagen respecto a clientes especialmente sensibilizados con el medio ambiente y las consecuencias actuales del cambio climático.
- Ahorro en climatización y calefacción por sombras: La colocación de estos paneles fotovoltaicos en la cubierta con orientación sur provocarán indirectamente ahorros en climatización en épocas de altas temperatura al realizar sombras sobre el edificio impidiendo pasar gran parte de las radiaciones solares y protección ante el frío y aire en épocas de bajas temperaturas produciendo ahorros tanto en la climatización como en la calefacción del edificio.
- Aumento de la Potencia instalada: Los días de sol se dispondrá de 90 kw más a la potencia actual contratada pudiéndose utilizar equipamientos que en la actualidad no se pueden utilizar por superarla o bien bajar el término de potencia si se considera que con este aumento se cubre las necesidades previstas (se aconseja realizar un estudio previo con datos dados por apps de seguimiento de la instalación al menos un año completo desde su funcionamiento).
- Valor de la propiedad: Aumento del valor del inmueble al aumentar la categoría en su Certificación Energética.

3.2.3. Valoración económica de la instalación

La instalación en si supone una inversión económica que se presenta a continuación. Se propone un presupuesto que incluye todos los costes del proyecto, desde la prestación gratuita, pasando por la instalación y terminado por la puesta en marcha, monitorización en la APP y legalización en Industria.

Se ha presupuestado un coste unitario de 872,80 €/kWp, para un total del proyecto de 86.721,41 € desglosados de la siguiente manera:

Componente	Descripción	Uds.
Módulo fotovoltaico	Jinko Solar TIGER JKM470-7RL3	216
Inversor	Huawei SUN 2000 10KTL-M1	1
Estructura	Perfilería de sujeción de los módulos fotovoltaicos de aluminioanodizado	216
Monitorización	Smart Power Sensor DTSU666H	1
Cuadro protecciones AC yDC	Cuadro de protecciones DC y AC incluyendo: fusibles, seccionador deDC, sobretensiones AC y DC, interruptor magnetotérmico.	1
Cableado	Conjunto cable/tubo/bandejas/corruados para conexiones DC, AC yTierra	1
Instalación eléctrica	Montaje e instalación eléctrica en baja tensión	1
Ingeniería	Ingeniería y dirección de obra. Incluye Proyecto Técnico y Certificado de Dirección de Obra Visado por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales	1
Ingeniería	Certificado de Baja Tensión y Legalización en Industria	1
Instalación eléctrica	Monitorización mediante APP del control y seguimiento de funcionamiento de la producción FV y los consumos eléctricos, asícomo del excedente volcado a la red eléctrica	1
OCA	Inspección de Organismo de Control Autorizado (OCA)	1
Subvención AAE	Tramitación de incentivo de la Agencia Andaluza de la Energía (gratis)Certificado previo y posterior emitido por organismo autorizado	1
Servicios auxiliares	Gestión y tramitación de las autoridades necesarias (Agencia Andaluza de la Energía, Ayuntamientos, Industria, Distribuidoraeléctrica...)	1

Tabla 22. Desglose del presupuesto de la instalación.

Total presupuesto	86.721,41 €
IVA (21%)	18.211,50 €
TOTAL (IVA incluido)	104.932,91 €

Tabla 23. Presupuesto total de la instalación.

En la tabla anterior se incluyen los siguientes costes que también se han tenido en cuenta para la elaboración del proyecto y que han tenido lugar en dicha instalación:

- Se incluye la tramitación con la Distribuidora Eléctrica para la solicitud el Punto de Conexión para instalaciones superiores a 15 KW así como las tasas para su estudio, pero no la gestión del nuevo contrato con la comercializadora para la compensación del excedente.

- Se incluye los costes de inspección por parte del Organismo de Control Autorizado (OCA) contratado para instalaciones superiores a 25 KW.

- Se incluye la elaboración de la documentación técnica y administrativa y gestión con Urbanismo de la correspondiente Licencia de Obra Menor pero no las tasas e impuestos de la misma.

3.3.3. Estudio de viabilidad del proyecto.

El ahorro anual generado se entiende como un ingreso a lo largo de la vida útil de la instalación, que de forma conservadora se estima en 25 años. A continuación, se detalla un análisis de flujos de caja del proyecto.

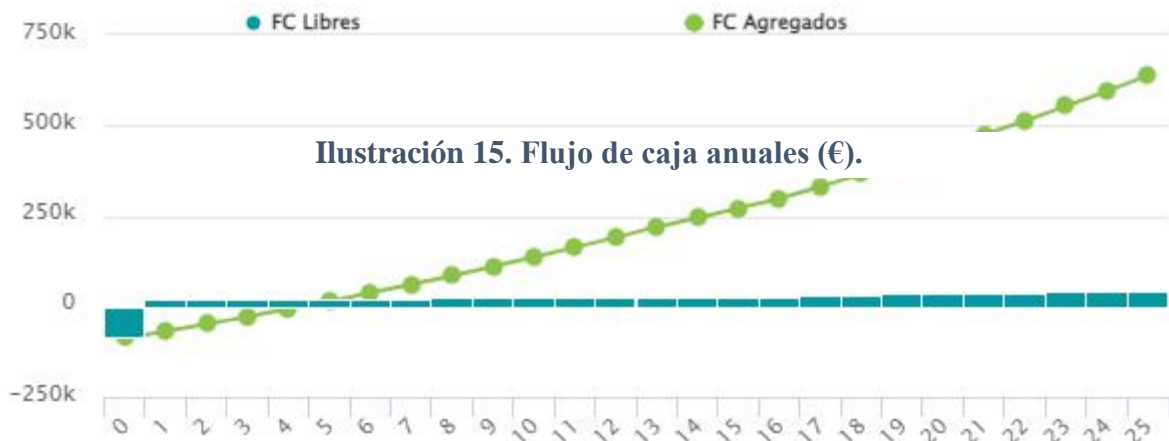
Como se ha detallado anteriormente, los 217 paneles utilizados proporcionan una potencia eléctrica total de 99,36 kWp, es decir una generación eléctrica anual de 162.741 kWh/año. El precio unitario del kWh es 872,80 €/kWh, por lo tanto, el coste total (sin IVA) es 86.721,41 €.

Para realizar el estudio de viabilidad se ha estimado que el periodo de retorno de la inversión es de 4,29 años, por lo que el ahorro de la instalación en 10 años sería de 179.683 € y el ahorro del final de la vida de la instalación (escrito de forma conservadora) sería de 528.771 €. Con todo lo mostrado anteriormente, se ha calculado una TIR de un 25,20%.

	Año	KWH /año prod. Ins. PV	Ahorro medio MENSUAL Sin Iva	Ahorro medio ANUAL Sin Iva	AHORRO ACUMULADO Sin Iva	AMORTIZACIÓN
						-87.123 €
1	2020	183.050	1.363 €	16.355 €	16.355 €	-70.768 €
2	2021	181.402	1.391 €	16.694 €	33.049 €	-54.074 €
3	2022	179.770	1.420 €	17.040 €	50.089 €	-37.033 €
4	2023	178.152	1.449 €	17.393 €	67.483 €	-19.640 €
5	2024	176.548	1.480 €	17.754 €	85.237 €	-1.886 €
6	2025	174.959	1.510 €	18.122 €	103.359 €	16.236 €
7	2026	173.385	1.541 €	18.498 €	121.857 €	Amortización
8	2027	171.824	1.573 €	18.881 €	140.738 €	5 años y 1 meses
9	20	170.278	1.60	19.273 €	160.011 €	

	28		6 €			
10	2.0 29	168.745	1.63 9 €	19.67 2 €	179.683 €	
11	2.0 30	167.227	1.67 3 €	20.080 €	199.763 €	
12	2.0 31	165.722	1.70 8 €	20.496 €	220.259 €	
13	2.0 32	164.230	1.74 3 €	20.92 1 €	241.180 €	
14	2.0 33	162.752	1.78 0 €	21.355 €	262.535 €	
15	2.0 34	161.287	1.81 6 €	21.79 7 €	284.332 €	
16	2.0 35	159.836	1.85 4 €	22.249 €	306.581 €	
17	2.0 36	158.397	1.89 3 €	22.71 1 €	329.292 €	
18	2.0 37	156.972	1.93 2 €	23.181 €	352.473 €	
19	2.0 38	155.559	1.97 2 €	23.66 2 €	376.135 €	
20	2.0 39	154.159	2.013 €	24.152 €	400.288 €	
21	2.0 40	152.771	2.054 €	24.65 3 €	424.941 €	
22	2.0 41	151.397	2.097 €	25.164 €	450.105 €	
23	2.0 42	150.034	2.140 €	25.68 6 €	475.791 €	
24	2.0 43	148.684	2.185 €	26.218 €	502.009 €	
25	2.0 44	147.345	2.230 €	26.76 2 €	528.771 €	

Tabla 24. Amortización de la instalación detallada anualmente.



AHORRO ESTIMADOS TOTALES OBTENIDOS CON AUTOCONSUMO DIRECTO PV1º AÑO RESPECTO SITUACIÓN ACTUAL			
AHORRO TOTAL ANUAL (SIN IVA)	AHORRO TOTAL ANUAL (CON IVA)	AHORRO MEDIO MENSUAL (SIN IVA)	AHORRO MEDIO MENSUAL (CON IVA)
18.518 €/año	22.407 €/año	1.543 €/mes	1.867 €/mes

Tabla 25. Ahorro anual y mensual de la instalación.

Flujos de caja estimados en la instalación							
Año	Rendimiento módulos (%)	Ahorros anuales (€)	Bonificación en IBI (€)	Inversión (€)	Costes de mantenimiento (€)	Flujos de caja libres (€)	Flujos de caja agregados (€)
0	100,0	0	0	-86.721	0	- 86.721	- 86.721
1	98,0	18.873	0	0	- 0	18.873	- 67.848
2	97,5	19.809	0	0	- 0	19.809	- 48.039
3	96,9	20.488	0	0	- 0	20.488	- 27.551
4	96,4	21.190	0	0	- 0	21.190	- 6.361
5	95,8	21.917	0	0	- 0	21.917	15.556
6	95,3	22.668	0	0	- 0	22.668	38.224
7	94,7	23.445	0	0	- 0	23.445	61.670
8	94,2	24.249	0	0	- 0	24.249	85.919
9	93,6	25.080	0	0	- 0	25.080	110.999
10	93,1	25.940	0	0	- 0	25.940	136.939
11	92,5	26.829	0	0	- 0	26.829	163.768
12	92,0	27.749	0	0	- 0	27.749	191.517
13	91,4	28.700	0	0	- 0	28.700	220.217
14	90,9	29.684	0	-4.336	- 0	25.348	245.565
15	90,3	30.701	0	-4.336	- 0	26.365	271.930

16	89,8	31.754	0	-4.336	- 0	27.418	299.34 8
17	89,2	32.842	0	0	- 0	32.842	332.19 0
18	88,7	33.969	0	0	- 0	33.968	366.15 9
19	88,1	35.133	0	0	- 0	35.133	401.29 1
20	87,6	36.337	0	0	- 0	36.337	437.62 8
21	87,0	37.583	0	0	- 0	37.583	475.21 1
22	86,5	38.871	0	0	- 0	38.871	514.08 2
23	85,9	40.204	0	0	- 0	40.204	554.28 6
24	85,4	41.581	0	0	- 0	41.582	595.86 7
25	84,8	43.007	0	0	- 0	43.007	638.87 4

Tabla 26.. Flujos de caja estimados en la instalación.

3.3.4. Referencias legislativas a tener en cuenta para la realización del presupuesto.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 (BOE 224 de 18 de septiembre de 2002).
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica.
- Real Decreto 1699/2011 de 18 de Noviembre, sobre conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de Octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas municipales.
- Para el caso de integración en edificios se tendrá en cuenta la Norma Básica de la Edificación (NBE).

- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

4. Estudio básico de seguridad y salud

La obra es consistente en INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO DE 100KW se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación Acondicionamiento o instalación.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

Se tratar de una obra con las siguientes condiciones:

a) El presupuesto de ejecución por contrata (PEC) incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00€.

PEC = PEM + 13% gastos generales + 6% Beneficio industrial + 21% IVA

b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no empleándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

$$\frac{PEM \times MO}{CM}$$

PEM: Presupuesto de ejecución material

MO= Influencia del coste de mano de obra en el PEN (0.4 – 0.5)

CM= Coste medio diario del trabajador de la construcción (90-130€)

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

4.1. Prevención de riesgos laborales.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

4.1.1. Derechos y obligaciones.

Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

Principios de la acción preventiva.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

Evaluación de los riesgos.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.

- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
 - Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aun cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de “tijera” entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

Equipos de trabajo y medios de protección.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

Información, consulta y participación de los trabajadores.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Formación de los trabajadores.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

Medidas de emergencia.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

Riesgo grave e inminente.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

Vigilancia de la salud.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

Documentación.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

Coordinación de actividades empresariales.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades aquellos trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

4.1.2. Servicios de prevención

Protección y prevención de riesgos profesionales.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

Servicios de prevención.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

4.1.3. Consulta y participación de los trabajadores.

Consulta de los trabajadores.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

Derechos de participación y representación.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

Delegados de prevención.

Siendo el número de trabajadores inferior a 50 trabajadores el delegado de prevención será el Delegado de personal.

4.2. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

El Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que, referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

4.2.3. Obligación general del empresario.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Por otra parte, las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

También, los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo. La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

4.3. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

El Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

4.3.1. Obligaciones generales del empresario.

Como regla general el empresario deberá adoptar aquellas medidas que sean de necesidad para que los equipos de trabajo que se dispongan a las personas sean adecuados a cada tipo de tarea que se realice y adecuadamente adaptados al mismo, de manera que generen garantía tanto a la salud y seguridad d al utilizar dichos equipos por parte de los trabajadores.

Los equipos que únicamente deberán utilizarse son aquellos que satisfagan las disposiciones legales o reglamentarias que sean de aplicación.

El empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores para la elección de los equipos de trabajo:

- Características y condiciones específicas sobre el trabajo a desarrollar.
- Dentro de la seguridad y salud, los riesgos existentes en el lugar de trabajo.
- Cuando proceda, aquellas adaptaciones que sean necesarias para su utilización por trabajadores con alguna discapacidad.

Se adoptarán las medidas necesarias para el adecuado mantenimiento, de los equipos de trabajo para que estos se conserven en unas condiciones adecuadas durante todo el tiempo de utilización.

Todos los trabajos de mantenimiento, desbloqueo y ajustes, revisión o reparaciones de los equipos de trabajo se llevarán a cabo previamente desconectando y parando los equipos. Y deben ser ejecutadas y realizadas por un personal especialmente formado y preparado para ello.

La empresa deberá ser garante que sus empleados reciban una información y formación necesarias con los riesgos que puedan generar de los diferentes equipos de trabajo. La habitual información, que se suministre deberá ser preferentemente de manera escrita, y deberá como mínimo, contener las indicaciones referentes a:

- Las formas y condiciones correctas de manejo y manipulación de los equipos de trabajo, considerando las importantes instrucciones que indique el fabricante, tanto como tales situaciones o maneras de utilización no adecuadas y que generen peligros y que puedan preverse.
- Aquellas situaciones que se puedan obtener de la experiencia que se vaya adquiriendo en la propia utilización de los equipos de trabajo.

Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo.

Los elementos de accionamiento de aquellos equipos de trabajo que puedan tener alguna incidencia referente a la seguridad tendrán que ser visibles con claridad y fácilmente identificables para que no acarreen riesgos como resultado de una manipulación no voluntaria.

Todos los equipos de trabajo deberán estar provistos de un elemento para su accionamiento que produzca su total parada en situaciones de seguridad.

Todos aquellos equipos de trabajo que supongan un riesgo de proyecciones o de caídas de objetos, tendrán que estar provistos de mecanismos de protección adecuados a tales riesgos.

Todo aquel equipo de trabajo que suponga un riesgo por emisión de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo tendrá que estar provisto de adecuados dispositivos de captación o extracción cercana a dicha fuente emisora de que se trate.

En caso de necesidad para la seguridad o la salud de los trabajadores, el equipo de trabajo y sus órganos deberían poder estabilizarse por fijación o por cualquier otro medio.

Cuando aquellos elementos de movilidad de un equipo de trabajo puedan suponer riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán disponer de equipos con algunos dispositivos que bloqueen la introducción a las áreas de riesgo o peligro.

Esas zonas y puntos de operación o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar con la suficiente iluminación en función de los trabajos que tengan que realizarse.

Dentro de un equipo de trabajo, las partes donde se almacenen elevadas temperaturas o excesivamente bajas deberán ser provistas de protección en el momento que corresponda contra aquellos riesgos de contacto o próximos de los trabajadores.

Cualquier equipo de trabajo deberá estar adecuado a la protección de los trabajadores que se expongan a situaciones de riesgo y contacto directo o indirecto de la electricidad y los que supongan algún riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones tendrá que disponer de protección y mecanismos adecuados para rebajar, dentro de lo posible, la expansión y propagación de esos elementos o agentes físicos.

deberán estar construidas con materiales resistentes las herramientas manuales, así como la unión de sus elementos ha de ser firme, de modo que puedan evitarse proyecciones o roturas de los mismos. No podrán utilizarse esos equipos de manera contradictoria con las indicaciones recomendadas por el fabricante, debiendo comprobar antes del comienzo de la tarea que son totalmente adecuadas las distintas protecciones y condiciones de uso.

Habrà de asegurarse de tomar las necesarias medidas que eviten que el cabello quede atrapado, prendas de trabajo u otros objetos del operario, para evitar, en cualquier caso, que los equipos estèn sobrecargados, sobre presionados a tensiones y velocidades en exceso.

Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.

Aquellos equipos de trabajadores transportados tendrán que evitar el contacto con estos en zonas de ruedas y orugas y el posible aprisionamiento por las estas. Para ello deben disponer de una estructura de protección que no permita que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que propicie un suficiente espacio alrededor de los trabajadores transportados en el caso que el equipo sea capaz de inclinarse más de un cuarto de vuelta. No serán necesarias estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor las carretillas elevadoras, para impedir que la carretilla vuelque otra estructura, al igual que garantice que, en caso de vuelco, tenga espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y algunas partes de la carretilla y un elemento que sostenga al trabajador en el asiento de conducción en óptimas condiciones.

Los equipos automotores de trabajo necesitarán contar con dispositivos y mecanismos de parada y frenado, dispositivos que garanticen una adecuada visibilidad y dispongan de una señalización acústica de advertencia. En todo caso, esta conducción estará destinada a los trabajadores que hayan adquirido la información y formación específica.

Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas.

Tendrán que estar instalados de manera firme, teniendo en cuenta la carga que deban elevar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En todo caso, los aparatos de izar deberán estar equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con “pestillos de seguridad” y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos donde tendrá que figurar claramente la carga nominal.

Deberán ser instalados de manera que podamos reducir el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. Siempre, se deberá evitar la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. En el caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores tendremos que evitar la caída de éstas, su choque o aplastamiento.

Aquellas funciones de izado, descenso y transporte de cargas suspendidas, se interrumpirán bajo condiciones de vientos superiores a los 60 km/h.

Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general.

La maquinaria destinada a realizar movimientos de tierras deberá estar provista de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, bocina automática de retroceso, servofrenos, freno de mano, pórtico de seguridad antivuelco, retrovisores en ambos lados, y antiimpactos y un extintor.

Para evitar los riesgos por atropello, estará prohibido permanecer o trabajar dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras.

En los periodos en que las máquinas permanezcan paradas, deberá señalizarse su entorno con "señales de peligro", evitando en todo momento los riesgos por posible fallo de frenos o por atropello en el momento de la puesta en marcha.

El maquinista permanecerá inmóvil en su puesto, en caso de producirse contacto con líneas eléctricas, solicitando auxilio accionando de las bocinas. Si es posible saltar evitando el riesgo de contacto eléctrico, el maquinista deberá saltar fuera de la máquina intentando no tocar, al unísono, el suelo y la máquina.

El maquinista deberá dejar en reposo y en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.) antes del abandono de la cabina, también debe dejar echado el freno de mano y parado el motor sacando la llave de contacto evitando los posibles riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Deberán permanecer limpios tanto las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento de gravas, barro y aceite, evitando de esta forma los riesgos de caída.

Para evitar los riesgos de caídas o de atropellos, queda totalmente prohibido transportar personas sobre las máquinas durante el movimiento de tierras.

Otras medidas para evitar los riesgos por caída de la máquina, serán la instalación de topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que deberá aproximarse la maquinaria utilizada en el movimiento de tierras,

Habrán de ser señalizados los caminos de recorrido interno mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

No podrán acopiarse tierras a menos de 2 m. de distancia del borde de la excavación (como norma general).

Estará prohibido utilizar encendedor o fumar en el momento de abastecimiento de combustible la máquina, por posible inflamación. Deberá permanecer parado el motor al realizar dicha tarea.

En prevención de golpes y atropellos, no se deberán realizar trabajos en un radio de 10 m alrededor de las máquinas de hinca.

Deberán dotarse de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura todas las cintas transportadoras. También deberán estar provistos de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. En todo el recorrido bajo las cintas, existirán bandejas de recogida de objetos que puedan desprenderse.

Con la intención de disminuir el nivel de ruido, referente a los compresores tendrán que ser de los denominados “silenciosos”. La zona destinada para los compresores quedará acotada en un radio de 4 m. Las mangueras deberán estar en perfectas condiciones de uso, sin que presenten grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Deberán estar compuestas por dos cuadrillas de trabajo que se tendrán que turnar cada hora, aquellos tajos con martillos neumáticos, de forma que se puedan prevenir lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Se guiarán avanzando frontalmente los piones mecánicos, para evitar los desplazamientos laterales. Deberá utilizarse faja elástica de protección de cintura para realizar estas tareas, botas de seguridad, muñequeras bien ajustadas, cascos antiruido y mascarilla con filtro mecánico recambiable.

Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta.

Se dotarán de protección eléctricamente mediante doble aislamiento las máquinas-herramienta, y estarán protegidos por la carcasa sus motores eléctricos.

Las máquinas con capacidad de corte deberán tener el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes aquellas que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos. Quedando prohibida la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en zonas cerradas o que no tengan suficiente ventilación.

Para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos, se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, tendrá que haber una iluminación adecuada para todas las tareas en torno a 100 lux. De manera preventiva se usarán en vía húmeda las herramientas que produzcan riesgos por inhalación de polvo.

No se deberán ubicar a distancias inferiores a 3 m del borde de los forjados, las mesas de sierra circular, sierras de disco manual, y cortadoras de material cerámico, exceptuando los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). En ningún momento podrá retirarse la protección del disco de corte, debiendo ser utilizadas siempre las gafas de seguridad antiproyección de partículas. Generalmente, tendrán que ser extraídos los clavos o partes metálicas hincadas en el objeto o zona a cortar.

En ningún caso se deberán realizar disparos inclinados con las pistolas fija-clavos, y habrá de verificarse que no existe nadie al otro lado del elemento sobre el que se dispara, antes de efectuar el disparo, se evitará clavar sobre fabricados de ladrillo hueco y se deberá asegurar el equilibrio de la persona.

Se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar en la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas, evitando realizar los taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso, y siempre tratando de no recalentar los discos y brocas.

Tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante las máquinas pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas, y deberán estar dotadas de un aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

Se deberá utilizar yelmo del soldador o pantalla de mano en las tareas de soldadura por arco eléctrico, no se deberá mirar directamente al arco voltaico, así como no deben tocarse las piezas recientemente soldadas, se soldará en espacios ventilados, habrá que verificar que no haya personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, la pinza no se dejará directamente en el suelo o sobre la perfilería, se elegirá el electrodo adecuado para el cordón a realizar, y tendrán que suspenderse los trabajos de soldadura en condiciones de viento superiores a 60 km/h y a la intemperie en condiciones de lluvias.

No se mezclarán botellas de gases distintos en la soldadura oxiacetilénica (oxicorte), y éstas tendrán que ser transportadas sobre bateas enjauladas en posición vertical y amarradas, no podrán ubicarse al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán provistos de válvulas antirretroceso de la llama. Se trabajará con mascarilla protectora en caso que se desprendan pinturas, y se hará al aire libre o en una zona ventilada.

4.4. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

4.4.1. Estudio básico de seguridad y salud

Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.

Los siguientes oficios son los más comunes en las obras de construcción:

- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Durante estos oficios, los riesgos más frecuentes son los descritos a continuación:

- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes producidos por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Caídas al mismo o distinto nivel de materiales, personas, y útiles.

- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

Medidas preventivas de carácter general.

Deberán establecerse letreros indicativos y señalización de los riesgos a lo largo de la obra (vuelo, corriente eléctrica, atropello, colisión, caída en altura, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibición de fumar, etc), y todas aquellas medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Para el acopio de material y útiles se habilitarán zonas o estancias específicas (ferralla, perfilera metálica, material eléctrico, carpintería metálica y de madera, piezas prefabricadas, tuberías, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, aparatos sanitarios, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Habrá que procurar que se utilicen los elementos de protección personal en los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, especialmente un calzado antideslizante y reforzado para protección de golpes en los pies, cinturón de seguridad, y casco de protección para la cabeza.

Deberán realizarse, suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, el transporte aéreo de materiales como el de útiles, y se llevarán por 3 trabajadores, guiando 2 de ellos la carga y el tercero coordinará las maniobras. Se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos aquel transporte de elementos pesados (ladrillos, sacos de aglomerante, arenas, etc).

Tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí) aquellos andamios sobre borriquetas, en tareas realizadas en altura, quedando prohibida la formación de andamios utilizando bidones, cajas de cualquier mercancía, bañeras, etc.

Para los operarios encargados de ejecutar trabajos en altura, se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad.

Tendrán que ser adecuados los equipos y materiales en las áreas de trabajo, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, y la distribución de máquinas, etc.

Las zonas de trabajo estarán, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados al alcance normal de la mano. Se controlarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, especialmente si el cuerpo se encuentra en posición inestable. Habrá que evitar las distancias excesivamente grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo perjudicialmente alto de trabajo. Siempre habrá que tratar que la carga y su volumen permitan agarrarla con facilidad, así como evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Para realizar el trabajo correctamente debemos seleccionar la herramienta adecuada, manteniendo éstas siempre en buen estado y haciendo un uso correcto de las mismas. Después de realizar los trabajos, se guardarán en lugar seguro. La iluminación deberá oscilar en torno a los 100 lux para desarrollar los trabajos convenientemente. Es aconsejable que los vestidos estén configurados en varias capas al establecer entre ellas cantidades de aire que optimizan el aislamiento al frío. Empleo de botas, guantes, y orejeras. El trabajador se resguardará de vientos mediante apantallamientos y intentando evitar que se mojen las prendas de trabajo de líquidos evaporables.

Se deberían modificar las condiciones de trabajo en caso que el trabajador sufriese estrés térmico, para que disminuya su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, equipar al trabajador de adecuada vestimenta (sombbrero, gafas de sol, cremas y

lociones solares), establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes, y controlar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal.

El trabajador debe tener suficiente aporte alimentario calórico para compensar el desgaste de la propia actividad y de las posibles contracciones musculares.

Se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta un área no accesible por el trabajador para evitar el contacto eléctrico directo, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y aislamiento o recubrimiento de las partes activas.

Será utilizado el sistema de puesta a tierra de las masas para evitar el contacto eléctrico indirecto (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad que se adecuen a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Permanecerán expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad aquellas vías y salidas de emergencia.

Dependerán del uso, el número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, igualmente estará controlado el número máximo de personas que puedan permanecer o estar en ellos.

Todas las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación, estarán equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad en caso de avería del sistema de alumbrado. Garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello, será responsabilidad la empresa o empresario.

Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio (Instalación eléctrica).

Según detalles de la compañía distribuidora, la acometida será subterránea, con testigo cerámico y banda señalizadora.

La caja general de protección será con tapa, de material aislante y autoextinguible clase A, que contará con sistema de entrada para conductores unipolares o multipolares, orificios de salida para conductores unipolares, sujeción de tapa y fijación al muro, dispositivos de cierre, y precintado.

Tendrá que contener 3 cortacircuitos fusibles, de cartucho de fusión cerrada clase GT, maniobrables individualmente y un seccionador de neutro, al igual que bornes de entrada y salida para conexionado, directo o mediante terminales, de los 3 conductores de fase y el neutro.

Estará íntegramente protegida con material aislante estable hasta + 70°C. Será plana o en puente. En la caja general de protección se indicará marca, tipo, tensión nominal en voltios, intensidad nominal en amperios y anagrama de homologación UNESA.

Para la correcta fijación al muro, la base soporte colocada, dispondrá de orificios y elementos así como de vástagos y abrazaderas, éstas últimas manipulables. El módulo de contadores se conforma por envolvente, embarrados, y cortacircuitos fusibles. La envolvente, con capacidad para 2 contadores, estará formada por módulos independientes. Será de material aislante clase A, resistente a los álcalis y autoextinguible.

Las derivaciones individuales se realizarán bajo tubo normal curvable en caliente, de PVC estanco, estable hasta 60° C y no propagador de la llama, con grado de protección 3 ó 5 contra daños mecánicos. Los contadores serán de inducción, constituido por envolvente y sistema de medida. La envolvente llevará mirilla de lectura.

El cableado de la derivación será un conductor aislado para tensión nominal de 1.000 V-S. Conductor unipolar rígido de cobre recocido. Aislamiento de polietileno reticulado (RV 0,6/1kV), o de etileno propileno (DV 0,6/1kV). Cubierta de policloruro de vinilo.

El Cuadro general de maniobra a colocar será de superficie, de material aislante, con tapa del mismo material sujeta con bisagras, ajustable a presión o por tornillos. La tapa llevará la abertura necesaria para que sobresalgan los elementos de maniobra de los interruptores. En su parte superior dispondrá de un espacio reservado para la identificación del instalador y del nivel de electrificación.

La caja llevará huellas laterales de ruptura para el paso de tubos y elementos para la fijación del interruptor diferencial y de los pequeños interruptores automáticos, así como un borne para la fijación del extremo del conductor de protección de la derivación individual.

Por un lado, el dispositivo de protección se constituye por un núcleo magnético, y lleva además protecciones adicionales de bilamina o sistema equivalente de par térmico, y bobina de disparo magnético, en el cual se indican marca, tipo, tensión nominal en voltios, intensidad nominal I en amperios e intensidad diferencial nominal de desconexión J (sensibilidad) en amperios. Por otro lado, el interruptor diferencial se constituye por envoltorio aislante, sistema de conexiones y dispositivos de protección de corriente por defecto y desconexión.

Para formar los interruptores de control de potencia se utiliza aislante envoltorio que dispone de un mecanismo de fijación a la caja, sistema de conexiones y dispositivo limitador de corriente y de desconexión. El dispositivo limitador está formado por bilamina o sistema equivalente de par térmico, pudiendo llevar además bobina de disparo magnético. Se indicará marca, tipo, tensión nominal en voltios, intensidad nominal en amperios, poder de cortocircuito en amperios, naturaleza de la corriente y frecuencia en hercios, designación según dispositivo de desconexión y número de orden de fabricación, así como fecha del BOE en que se publique la aprobación del tipo del aparato.

En cuanto a la instalación interior se ejecuta y desarrolla en una superficie con tubo de PVC curvable cuando este se encuentra en caliente y se unirá el cuadro general de distribución con cada punto de uso. Es importante destacar que el tubo aislante flexible de diámetro interior se instala en dicha superficie mencionada anteriormente y se introduce 0,5 cm en cada caja. Por último, detallamos que el conductor es aislado para una tensión nominal de 750 V.

RIESGOS MÁS FRECUENTES:

- Electrocutación o quemaduras por conexiones directas sin clavijas macho-hembra.
- Electrocutación o quemadura por puente o de los mecanismos de protección.
- Electrocutación o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocutación o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos.
- Electrocutación o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas.
- Golpes por herramientas manuales.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.

NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIONES COLECTIVAS:

- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el R.E.B.T.

- Se prohíbe conectar cables a los cuadros eléctricos de obra, sin usar clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano a usar serán tipo tijera con cadena limitadora de apertura y zapatas antideslizantes, para evitar riesgos por trabajar sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se prohibirá la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas, para evitar los riesgos por trabajos sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se prohibirá en general en esta obra, la utilización de escaleras de mano o de andamios sobre borriquetas, en lugares con riesgo de Caída desde altura durante los trabajos de electricidad, si antes no se han instalado las protecciones de seguridad adecuadas.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando portalámparas estancos con mango aislante, y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.
- Se prohíbe conectar cables a los cuadros eléctricos de obra, sin usar clavijas macho-hembra.
- La iluminación en los tajos no será inferior a los 100 lux, medidos a 2,00 m. del suelo.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.

4.4.2. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.

Es conveniente destacar que cuando en la ejecución de una obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, se debe designar por el promotor un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Por otro lado, en el caso de que no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

Dentro del estudio básico de seguridad y salud, se elabora un plan de seguridad y salud en el trabajo para analizar, estudiar, desarrollar y contemplar todas y cada una de las previsiones contenidas durante el desarrollo del diseño en el proyecto, según su propio sistema de ejecución de dicha obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor debe efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

4.5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

4.5.1. Obligaciones generales del empresario.

Se obliga a utilizar los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

4.5.2. Protectores de la cabeza.

- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.

- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.

4.5.3. Protectores de manos y brazos.

- Guantes de soldador.
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Mango aislante de protección en las herramientas.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Muñequeras.
- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).

4.5.4. Protectores de pies y piernas.

- Herramientas aislantes
- Botas dieléctricas para B.T.
- Polainas de soldador.
- Botas de protección impermeables.
- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Rodilleras.

4.5.5. Protectores del cuerpo.

- Traje impermeable de trabajo.
- Pértiga de B.T.
- Crema de protección y pomadas.
- Alfombra aislante.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Comprobador de tensión.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Linterna individual de situación.

5. Pliego de condiciones técnicas

Este punto de pliego de condiciones técnicas tiene como objetivo primeramente fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red. Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.

También nos centraremos en valorar la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración, así como extender todos y cada uno de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

Por último, en determinados supuestos, para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este punto, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

5.1. Generalidades

Es importante destacar que, este pliego es de aplicación a las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de distribución. Se excluirán expresamente las instalaciones aisladas de la red y se podrá, a su vez, servir como guía técnica para otras aplicaciones especiales que cumplan con los requisitos de seguridad, calidad y durabilidad establecidos.

Se aplicará la siguiente normativa y todas y cada una de las que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE 5 "Generación mínima de energía eléctrica".
- Ley 54/1997, de 27 de Noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1433/2003 de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.

- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

5.2. Definiciones.

Radiación solar

Radiación solar: La radiación solar es aquella energía que se percibe en forma de ondas electromagnéticas y que proviene del Sol.

Irradiancia: Es aquella densidad de potencia o energía que inciden en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².

Irradiación: Como se ha mencionado anteriormente, la irradiación es la energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m², o bien en MJ/m².

Instalación

Instalaciones fotovoltaicas: Son aquellas instalaciones, las cuales, se componen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin necesidad de ningún paso intermedio.

Instalaciones fotovoltaicas interconectadas: Son las instalaciones que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema (directamente o a través de la red de un consumidor).

Línea y punto de conexión y medida: Por un lado, definimos a la línea de conexión como la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, y este, por otro lado, es denominado punto de conexión y medida.

Interruptor automático de la interconexión: El dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión se denomina, interruptor automático de la interconexión.

Interruptor general: Es llamado el dispositivo de seguridad y maniobra, el cual, nos permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

Generador fotovoltaico: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

Rama fotovoltaica: La rama fotovoltaica se define como un subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, y que posee un voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Inversor: Como se ha mencionado anteriormente en algunas ocasiones, el inversor es aquel dispositivo encargado de convertir la tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se puede denominar ondulator.

Potencia nominal del generador: Es la suma de todas las potencias máximas del total los módulos fotovoltaicos.

Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal: Es la suma de la potencia nominal de los inversores, que especifica el fabricante, y que intervienen en cada una de las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

Módulos

Módulos: Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Célula de tecnología equivalente (CTE): Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.

Módulo o panel fotovoltaico: Es el conjunto de células solares que están interconectadas de forma directa y distribuidas en forma de capsulas como un único bloque, y entre materiales que las protegen de los efectos que provoca situarlos en la intemperie.

Condiciones Estándar de Medida (CEM): Las condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar se utilizan universalmente con el objetivo de caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: 25 °C

Potencia pico: Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

TONC: Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m² con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

Integración arquitectónica

Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos: Se encargan de sustituir a elementos constructivos convencionales cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.

Revestimiento: Se produce cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

Cerramiento: Se da lugar cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanquidad y aislamiento térmico.

Elementos de sombreado: Estos se implementan en la instalación cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada.

Sin embargo, cuando procedemos a la colocación de módulos fotovoltaicos paralelos a la envolvente del edificio sin la doble funcionalidad de la integración arquitectónica de los módulos

fotovoltaicos que se han definido anteriormente, no se considerará integración arquitectónica y no se aceptaran. Esto se denomina como superposición, como módulos horizontales.

5.3. Diseño.

5.3.1. Diseño del generador fotovoltaico.

Generalidades

El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones del apartado 5.4.2. (sistemas generadores fotovoltaicos).

Todos y cada uno de los módulos que componen la instalación serán del mismo modelo, y en el caso de modelos distintos, se debe garantizar mediante su diseño la compatibilidad total entre cada uno de ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

Es importante destacar que en aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, se debe aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos, así como presentarse la debida justificación de la implementación de los mismos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

Orientación e inclinación y sombras

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 27. Se considerarán tres casos: el primero es el caso general, el segundo se presenta como una superposición de módulos y el último se presenta como una integración arquitectónica. En todos los casos han de cumplirse tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 27. Límites de pérdidas por sombras.

Cuando, por razones justificadas, y en casos especiales en los que no se puedan instalar de acuerdo con la tabla 27, se evaluará la reducción en las prestaciones energéticas de la instalación.

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

5.3.2. Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.

- Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.

Los datos se presentan en forma de medias horarias, sin embargo, los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se presentan como referencia al documento del JRC-Ispra “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A”, Report EUR16338 EN. Así, con todo lo anterior expuesto, se desarrolla un sistema de monitorización que resulta al usuario fácil de acceder.

5.3.3. Integración arquitectónica

En el caso de pretender realizar una instalación integrada desde el punto de vista arquitectónico según lo estipulado en el punto anterior de integración arquitectónica, la Memoria de Diseño o Proyecto especificarán las condiciones de la construcción y de la instalación, y la descripción y justificación de las soluciones elegidas.

También, el estudio de características urbanísticas, implicaciones en el diseño, actuaciones sobre la construcción, necesidad de realizar obras de reforma o ampliación, verificaciones estructurales, etc. hacen referencia a las condiciones de la construcción, que, desde el punto de vista del profesional competente en la edificación, requerirían su intervención. Y, por otro lado, el impacto visual, la modificación de las condiciones de funcionamiento del edificio, la necesidad de habilitar nuevos espacios o ampliar el volumen construido, efectos sobre la estructura, etc. hacen referencia a las condiciones de la instalación.

5.4. Componentes y materiales.

5.4.1. Generalidades.

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.

Con el objetivo de garantizar la calidad del suministro eléctrico se incorporan en la instalación todos los elementos y características necesarios.

En el funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no se pueden producir disminuciones en la red averías de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable, ni tampoco se permitirá el paso a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que con respecto a los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, y en especial contra el efecto de la radiación solar y la humedad para evitar su degradación.

Es obligatorio el uso de todos y cada uno de los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

Los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano por motivos de seguridad y operación de los equipos.

5.4.2. Sistemas generadores fotovoltaicos

Según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión, los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos.

Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

Para la identificación del modelo y el nombre y/o logotipo del fabricante, el módulo fotovoltaico lo lleva escrito de forma claramente visible e indeleble él, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación:

La estructura del generador se conectará a tierra.

Será deseable una alta eficiencia de las células.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de

forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar estas deben estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Cada módulo está garantizado por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años. También, estos, tienen un grado de protección IP65, por lo tanto, deben llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales.

Con el objetivo de una menor degradación, los marcos laterales, serán de aluminio o acero inoxidable, y se rechazará cualquier módulo que presente algún efecto de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células.

5.4.3. Estructura soporte

Las estructuras soporte, definidas anteriormente, son aquellas que deben cumplir todas y cada una de las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad. Dichas estructuras, deben resistir a todas las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

En cuanto a cada uno de los puntos de sujeción por los cuales módulo fotovoltaico es unido a la estructura deben ser suficientes para que el área de apoyo y posición relativa se encuentre de manera que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará centrándonos tanto en la orientación del panel, como para el ángulo de inclinación que se especifica para el generador fotovoltaico. Es importante tener en cuenta que en caso de que se produzca algún problema, dicho diseño también se centra en la posible necesidad de sustituciones de elementos gracias a la facilidad de montaje y desmontaje.

Al igual que a los módulos y para evitar una degradación considerable de dicha estructura y de su rendimiento como soporte, para evitar la acción de los agentes ambientales se protegerá superficialmente.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. Se sabe que la estructura es galvanizada se admitirán también tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

Otro de los puntos que tenemos que tener en cuenta para el cálculo de las sombras es que tanto la propia estructura como los topes de sujeción de módulos no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en la tabla 27 sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la Normativa Española vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc., y descrita a continuación:

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

5.4.4. Inversores

Son del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, y también para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia variable que el generador fotovoltaico puede proporcionar durante todas las horas de luz al día.

Las características básicas del inversor, son las siguientes:

- Autoconmutados.
- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- No funcionarán en isla o modo aislado.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Frecuencia de red fuera de rango.
- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

Las características eléctricas del inversor utilizado serán las siguientes:

- El inversor soporta picos de un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos, y además continúa entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiación solar un 10 % superiores a las CEM.
- El cálculo del rendimiento se realiza de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento. El rendimiento de potencia del inversor, que es el cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada, para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100 % de la potencia nominal, será como mínimo del 92 % y del 94 % respectivamente.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno debe ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
- El factor de potencia de la potencia generada debe ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor debe inyectar en la red.

Los inversores tienen también un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumple la legislación vigente en la instalación realizada.

Por otro lado, los inversores están garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa. También cabe destacar que dichos inversores están garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

5.4.5. Cableado

Según la normativa vigente se debe separar el cableado positivo del negativo y también de cada uno de los grupos de los módulos, por lo tanto, se conducirán separados y protegidos.

Para cualquier condición de trabajo, los conductores deben tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %. Por esta razón, los conductores son de cobre y tienen la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Sin embargo tienen que tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado que compone la instalación fotovoltaica de continua es de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

5.4.6. Conexión a red

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplen con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011.

5.4.7. Medidas

Todas las instalaciones cumplen con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

5.4.8. Protecciones

Todas las instalaciones cumplen con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 14). Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido por el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Eventualmente, las funciones del elemento de corte general pueden ser cubiertas por otro dispositivo de la instalación generadora, que proporcione el aislamiento indicado entre el generador y la red.

Se ha implantado un interruptor automático diferencial, para proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra, así como un interruptor automático de la conexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación en el caso de que se produzca alguna irregularidad de tensión o frecuencia de la red.

La conexión máxima y mínima frecuencia de estas protecciones son entre 50,5 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y de 3 segundos respectivamente. También, la máxima y la mínima tensión entre fases es de 1,15 Un y 0,85 Un. Cabe destacar, que en los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares, los valores anteriores están recogidos en los procedimientos de operación correspondientes. La tensión para la medida de estas magnitudes se debe tomar en el lado del interruptor automático general en las instalaciones en alta tensión o de los interruptores principales de los generadores en redes en baja tensión para que, en caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión sólo se realice cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.

5.4.9. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

Toda la instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 15) sobre las condiciones de puesta a tierra.

Con la finalidad de no alterar las condiciones de la puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, se asegura evitar transferencias de posibles defectos a la red de distribución.

Otro de los requisitos según el Real Decreto 1699/2011 (artículo 15) es que, a través de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable, es obligatorio que la instalación tenga una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras.

Las masas de la instalación de generación deben cumplir con lo indicado en los reglamentos de seguridad y calidad industrial vigentes que sean de aplicación, así como, estar conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

5.4.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética

Todas las instalaciones cumplen con lo dispuesto en el Real Decreto 1669/2011 (artículo 18) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética.

5.4.11. Medidas de seguridad

Por un lado, los equipos instalados deben cumplir con los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética. Por otra parte, las centrales fotovoltaicas no pueden producir sobretensiones que dañen a otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga, y tienen que estar dotadas con aquellos medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución.

En cuanto al sistema utilizado, se dice que debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores. Por otra parte, la protección anti-isla está en la obligación de detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. Finalmente, la central fotovoltaica es la encargada de evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general.

Para que no afecten al funcionamiento correcto de las redes que se encuentran conectadas (explotación normal y durante el incidente), las centrales fotovoltaicas tienen que equiparse con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, sin necesidad de tener en cuenta de la tensión a la que estén conectadas a la red.

El sistema de teledesconexión sirve para actuar sobre el elemento de conexión de la central eléctrica con la red de distribución para permitir la desconexión remota de la planta en los casos en que los requisitos de seguridad así lo recomienden y tanto este como el sistema de teledatada son compatibles con la red de distribución a la que se conecta la central fotovoltaica, pudiendo

utilizarse en baja tensión los sistemas de telegestión incluidos en los equipos de medida previstos por la legislación vigente. Un sistema de teledesconexión y un sistema de telemedida se da lugar, en centrales fotovoltaicas que tienen una potencia mayor a 1 MW.

5.5. Recepción y pruebas.

Para la finalización del proyecto, el instalador entrega al usuario un documento-albarán con los materiales, manuales de uso y mantenimiento de la instalación y el suministro de componentes. Posteriormente se firma dicho documento por ambas partes, y se reparte una copia para cada una de ellas. Es importante destacar que, los manuales que se entregan al usuario están en castellano, para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Según la NE (Normativa Española), las pruebas que debe realizar el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Determinación de la potencia instalada, de acuerdo con el procedimiento.

Cuando se concluyen dichas pruebas y se ejecuta la puesta en marcha, se pasa a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.
- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.

Dicho suministrador es el único responsable de la operación de los sistemas suministrados durante este período, teniendo como obligación adiestrar al personal de operación de la mejor forma posible.

La instalación en general y todos y cada uno de los elementos suministrados, están protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

Sin embargo, por último, el instalador tiene la obligación de la reparación de los fallos que se puedan producir en el funcionamiento en el caso de que se dicho fallo proceda de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, y por ende se compromete a dar una solución sin ningún coste adicional.

6. Bibliografía

[1] NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0054027>

[2] UNE-HD 60364-5-52

file:///C:/Users/romer/Downloads/EXT_Mui11rwpitnhK772oWss.pdf

[3] ENERGIAS RENOVABLES

<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/luz-verde-a-20-millones-de-euros-20201124>

[4] http://www.sunflower-solar.com/index.php?act=attach&attach_id=1743

[5] COMISIÓN EUROPEA

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

[6] ZAMUDIO FLORIDO, Miguel Ángel. Diseño de dispositivo autónomo de detección de la orientación solar, 2011.

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/50061/fichero/1-Introducci%C3%B3n.pdf>

[7] MASCARÓS MATEO, Vicente. Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas; Madrid: Paraninfo; 2015

[8] BOE

<https://www.boe.es/>

[9] CARRILLO COLL, Enric. Instalación solar fotovoltaica conectada a red.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7170/MEMORIA%20TECNICA.pdf>

[10] Medidas eléctricas REE (Red Eléctrica de España). Perfiles de consumo del pequeño consumidor.

<https://www.ree.es/es/actividades/operacion-de-sistema/medidas-electricas> (Abril 2020)

[11] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#PVP (Marzo, 2020)

[12] Energy Sequence

<https://app.energysequence.com/>

[13] Herramientas PVGIS

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en

[14] <https://grupoturelectric.com/tipos-de-paneles-solares-eficiencia-y-rentabilidad/>

7. Imágenes de la instalación



Ilustración 16. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 1.



Ilustración 17. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 2.



Ilustración 18. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 3.



Ilustración 19. Proceso de instalación de paneles fotovoltaicos 4.

8. Anexos

En este apartado se detallan los planos de la instalación, así como las fichas técnicas del inversor y los paneles fotovoltaicos.

En cuanto a los planos de la instalación se componen en primer lugar de un plano catastral, plano de la situación de cada uno de los 217 módulos utilizados, plano del resto de componentes empleados en la instalación, y, por último, planos de cómo se han distribuido dichos paneles solares según grupos o string.



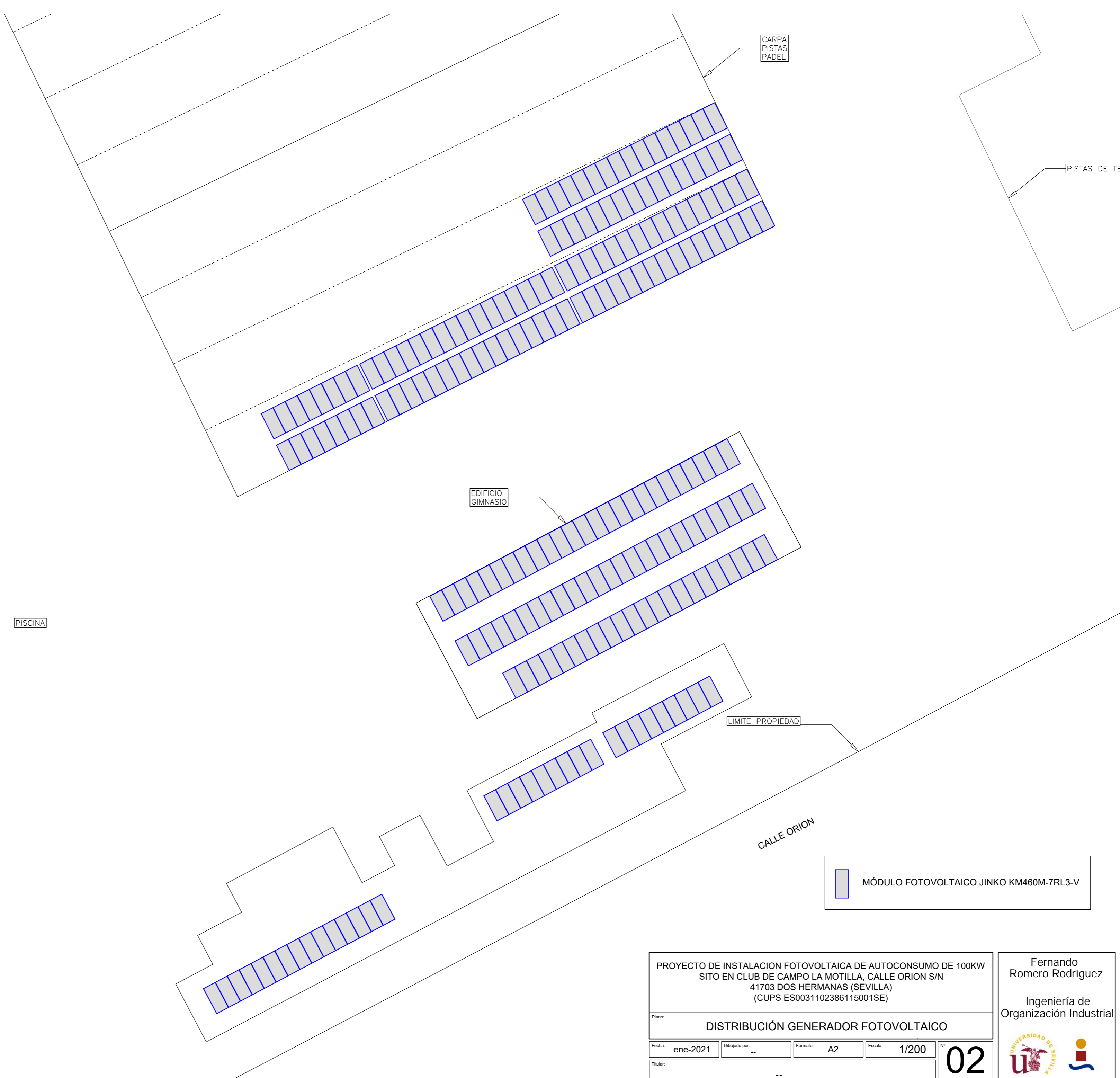
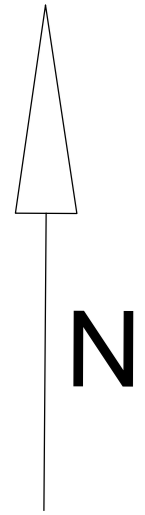
PROYECTO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO DE 100KW
 SITO EN CLUB DE CAMPO LA MOTILLA, CALLE ORION S/N
 41703 DOS HERMANAS (SEVILLA)
 (CUPS ES0031102386115001SE)

Plano: **SITUACION**

Fecha: ene-2021	Dibujado por: --	Formato: A3	Escala: 1/5000	Nº: 01
Titular: --				

Fernando Romero
Rodriguez

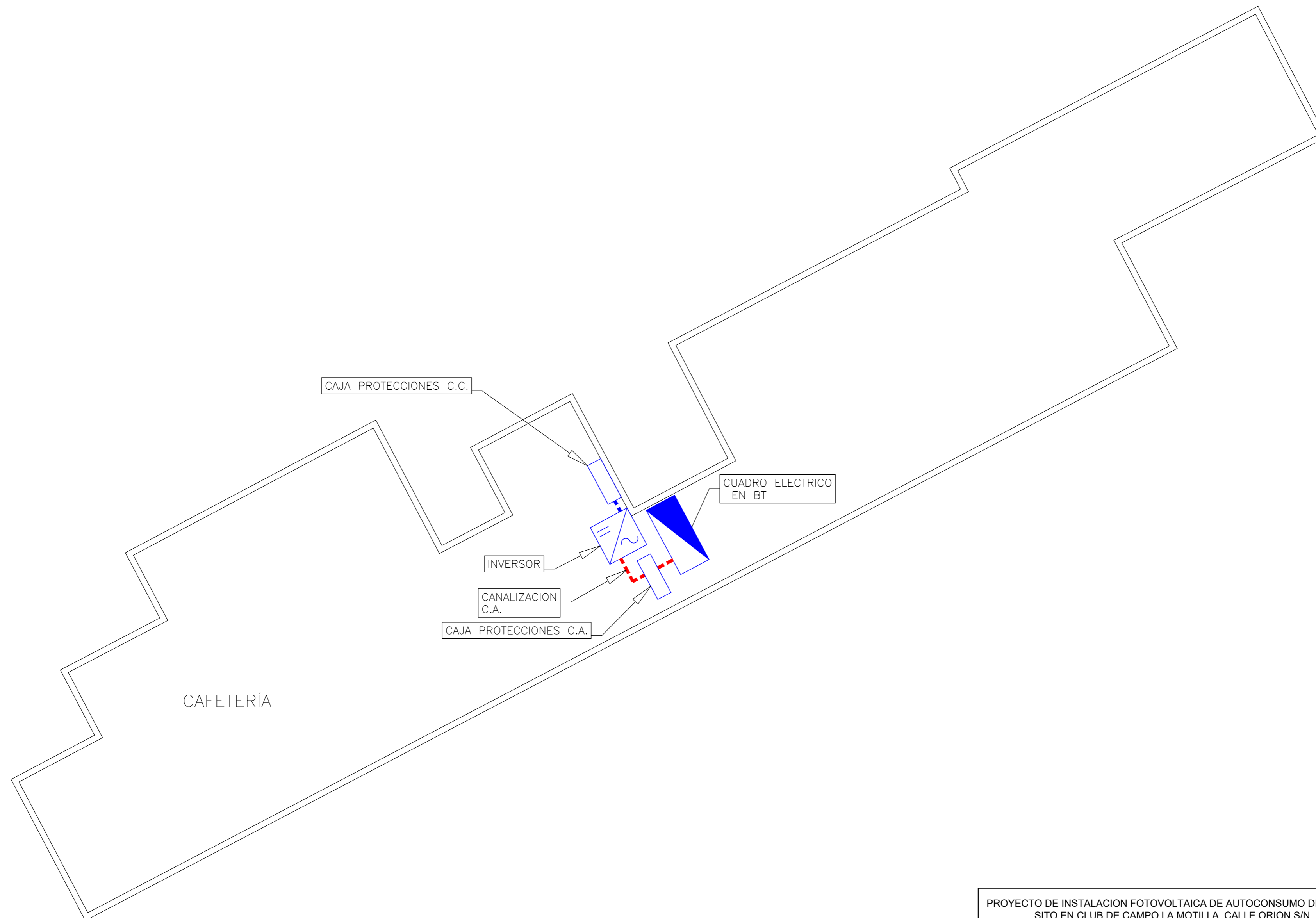
Ingeniería de
Organización Industrial



PROYECTO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO DE 100KW SITO EN CLUB DE CAMPO LA MOTILLA, CALLE ORION S/N 41703 DOS HERMANAS (SEVILLA) (CUPS ES0031102386115001SE)				
Plano: DISTRIBUCIÓN GENERADOR FOTOVOLTAICO				
Fecha: ene-2021	Dibujado por: --	Formato: A2	Escala: 1/200	Nº: 02
Título: --				

Fernando
Romero Rodríguez

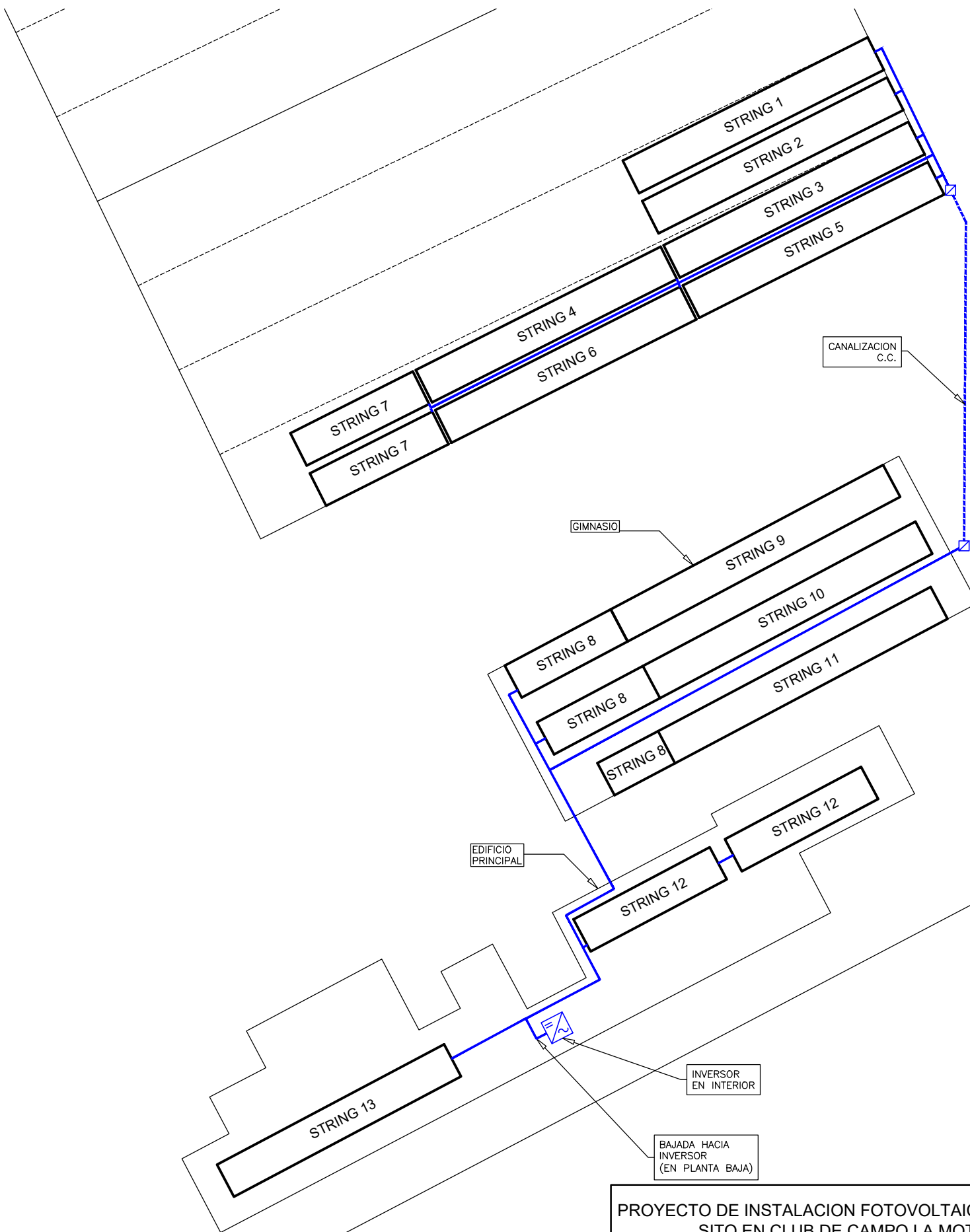
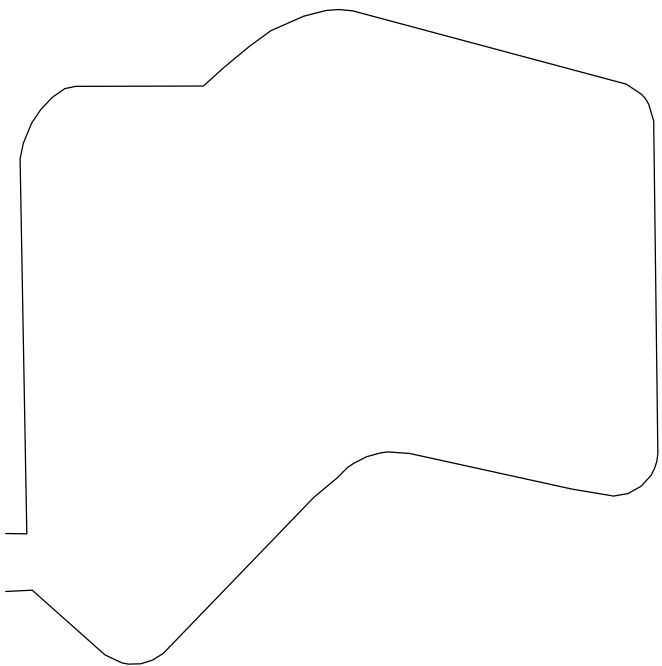
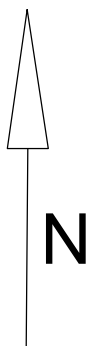
Ingeniería de
Organización Industrial



PROYECTO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO DE 100KW SITO EN CLUB DE CAMPO LA MOTILLA, CALLE ORION S/N 41703 DOS HERMANAS (SEVILLA) (CUPS ES0031102386115001SE)				
Plano: UBICACIÓN INVERSOR Y CUADRO ELÉCTRICO BT				
Fecha:	DIC-2020	Dibujado por:	--	Nº:
		Formato:	A2	Escala:
			1/100	03
Titular: --				

Fernando
Romero Rodríguez

Ingeniería de
Organización Industrial



	Canalización CC subterránea
	Canalización CC en montaje superficial
	Arqueta

PROYECTO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO DE 100KW SITO EN CLUB DE CAMPO LA MOTILLA, CALLE ORION S/N 41703 DOS HERMANAS (SEVILLA) (CUPS ES0031102386115001SE)			
Plano: CONFIGUACION FV			
Fecha: ene-2021	Dibujado por: --	Formato: A3	Escala: 1/300
Titular: --			Nº: 04

Fernando Romero Rodríguez	
Ingeniería de Organización Industrial	

STRING 13
15 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 12
18 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 11
18 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 10
18 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 9
18 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 8
18 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 7
16 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 6
16 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 5
16 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 4
16 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

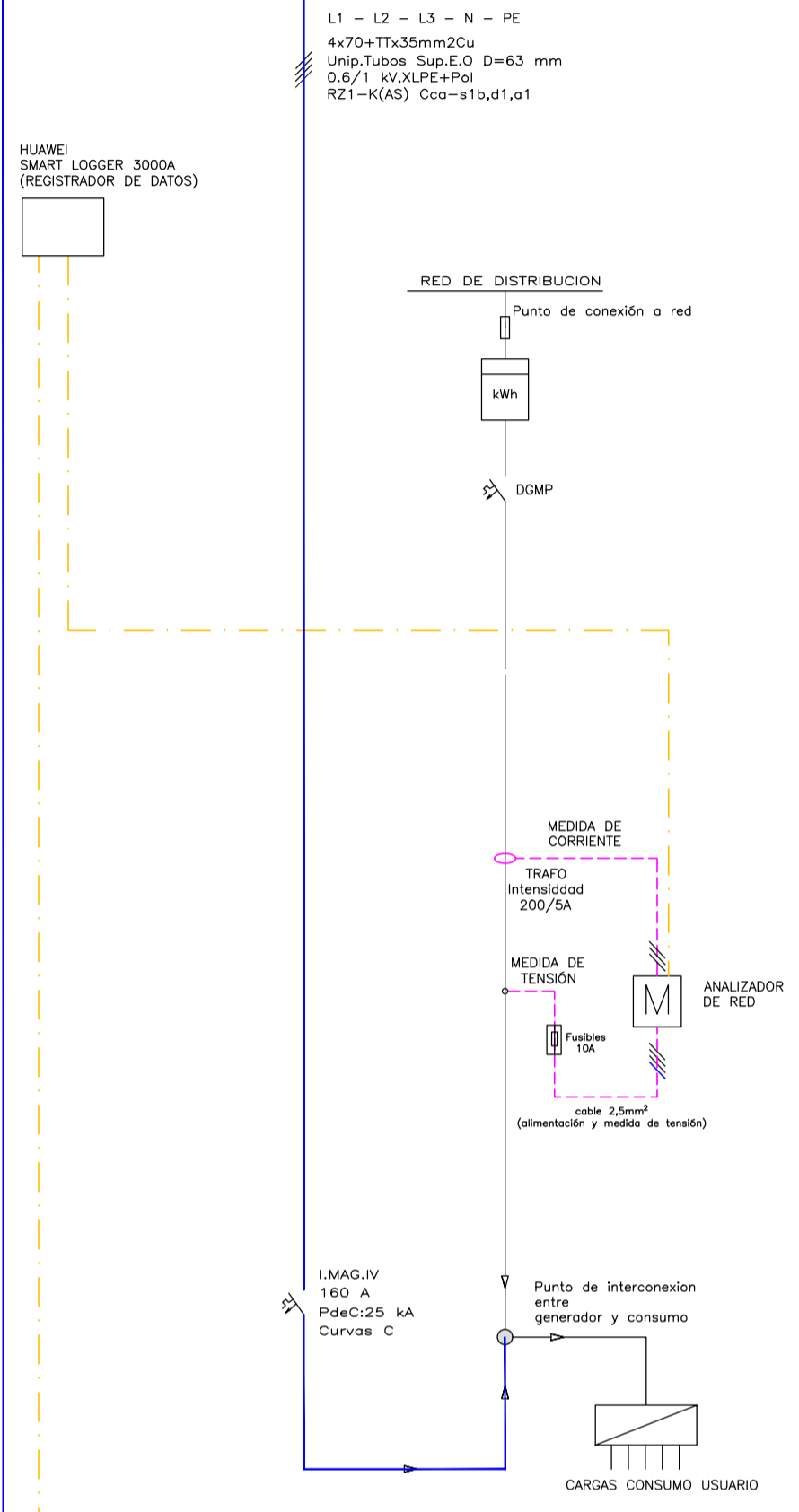
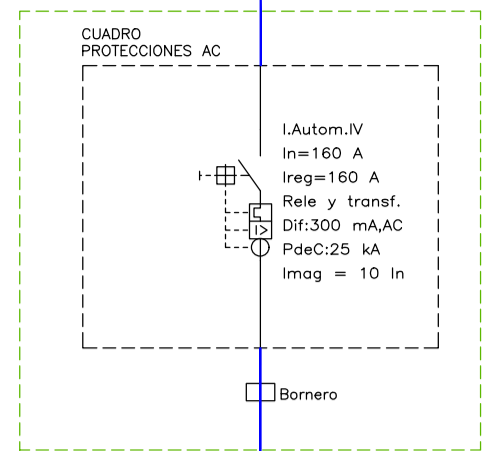
STRING 3
16 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 2
16 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W

STRING 1
16 PANELES FOTOVOLTAICO JINKO JKM460M-7RL3-V POT. PICO 460W



L1 - L2 - L3 - N - PE
4x70+TTx35mm2Cu
Unip.Tubos Sup.E.O D=63 mm
0,6/1 kv,XLPE+Pol
RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1



HUAWEI SMART LOGGER 3000A (REGISTRADOR DE DATOS)

CAJA STRING FUSIBLES 15A

PROYECTO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO DE 100KW
SITO EN CLUB DE CAMPO LA MOTILLA, CALLE ORION S/N
41703 DOS HERMANAS (SEVILLA)
(CUPS ES0031102386115001SE)

Plano: **ESQUEMA UNIFILAR**

Fecha: ene-2021 Dibujado por: -- Formato: A2 Escala: S/E Nº: 05

Fernando Romero Rodríguez
Ingeniería de Organización Industrial



SUN2000-100KTL-M1 Smart String Inverter



10
MPP. Seguidor



98.8% (@ 480V)
Max. Eficiencia



Gestión de
nivel de cadena



Diagnóstico inteligente
de curvas I-V admitido



MBUS
Soportado



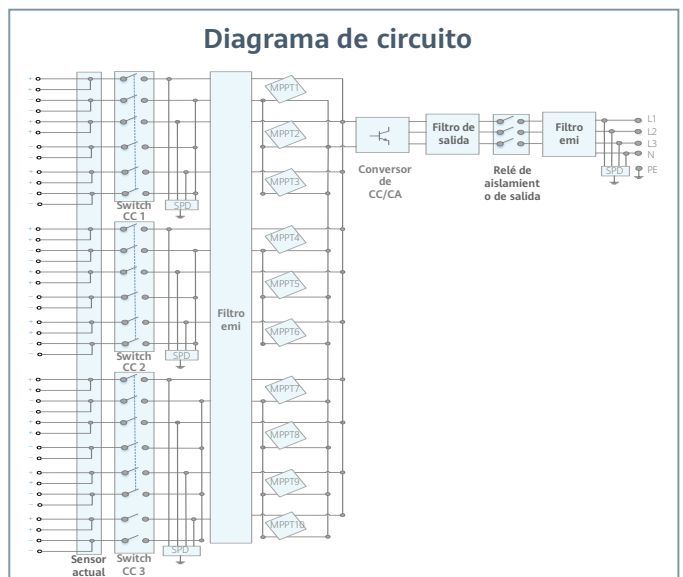
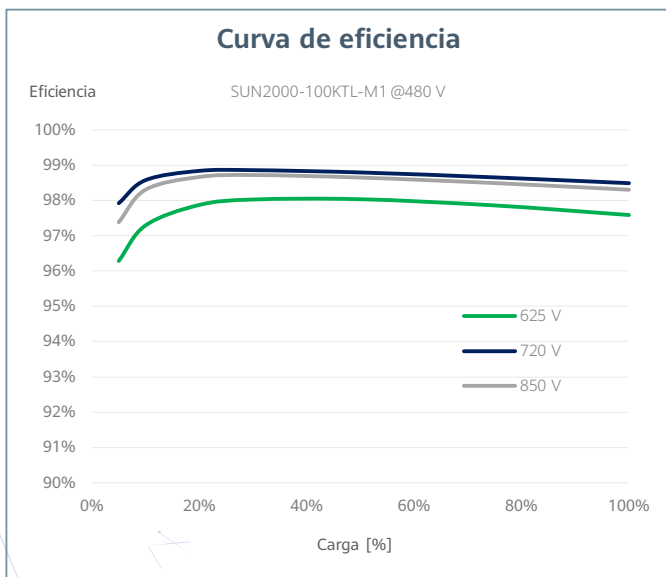
Diseño
Sin fusible



Protección contra rayos
Para DC y AC



IP66
Proteccion



Especificaciones técnicas	SUN2000-100KTL-M1
Eficiencia	
Máxima eficiencia	98.8% @480 V, 98.6% @380 V / 400 V
Eficiencia europea ponderada	98.6% @480 V, 98.4% @380 V / 400 V
Entrada	
Tensión máxima de entrada ¹	1,100 V
Corriente de entrada máxima por MPPT	26 A
Corriente de cortocircuito máxima	40 A
Tensión de arranque	200 V
Tensión de funcionamiento MPPT ²	200 V ~ 1,000 V
Tensión nominal de entrada	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Cantidad de MPPTs	10
Cantidad máxima de entradas por MPPT	2
Salida	
Potencia activa	100,000 W
Max. Potencia aparente de CA	110,000 VA
Max. Potencia activa de CA (cosφ = 1)	110,000 W
Tensión nominal de salida	480 V/ 400 V/ 380 V, 3W+(N)+PE
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Intensidad nominal de salida	120.3 A @480 V, 144.4 A @400 V, 152.0 A @380 V
Max. intensidad de salida	133.7 A @480 V, 160.4 A @400 V, 168.8 A @380 V
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo
Distorsión armónica total máxima	< 3%
Protecciones	
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí
Protección anti-isla	Sí
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí
Protección contra polaridad inversa CC	Sí
Monitorización a nivel de string	Sí
Descargador de sobretensiones de CC	Type II
Descargador de sobretensiones de CA	Type II
Detección de resistencia de aislamiento CC	Sí
Monitorización de corriente residual	Sí
Comunicación	
Display	Indicadores LED, Bluetooth + APP
RS485	Sí
USB	Sí
Monitorización de BUS (MBUS)	Sí (transformador de aislamiento requerido)
Datos generales	
Dimensiones (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm
Peso (incluida ménsula de montaje)	90 kg
Rango de temperatura de operación	-25°C ~ 60°C
Enfriamiento	Enfriamiento de aire inteligente
Max. Altitud de operación	4,000 m
Humedad de operación relativa	0 ~ 100%
Conector CC	Staubli MC4
Conector CA	Terminal PG impermeable + conector OT/DT
Grado de protección	IP66
Topología	Sin transformador
Consumo de energía durante la noche	< 3.5 W

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)

Seguridad

Estándares de conexión a red eléctrica

EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

* 1 El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de CC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañaría el inversor.

* 2 Cualquier voltaje de entrada de CC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor.

Tiger Mono-facial 455-475 Watt

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory

IEC61215, IEC61730 certified product



KEY FEATURES



TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 21.16%)



9BB instead of 5BB

9BB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



Higher lifetime Power Yield

2% first year degradation,
0.55% linear degradation



Best Warranty

12 year product warranty,
25 year linear power warranty



Avoid debris, cracks and broken gate risk effectively

9BB technology using circular ribbon that could avoid debris, cracks and broken gate risk effectively



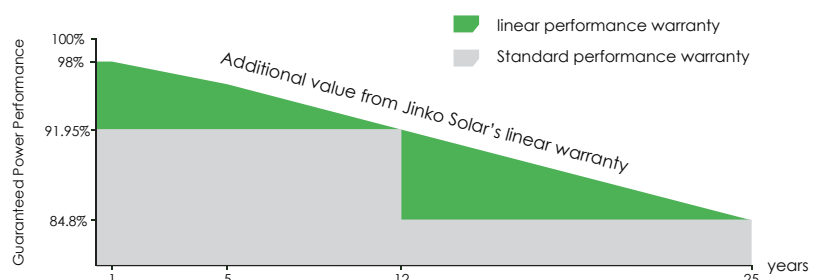
Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

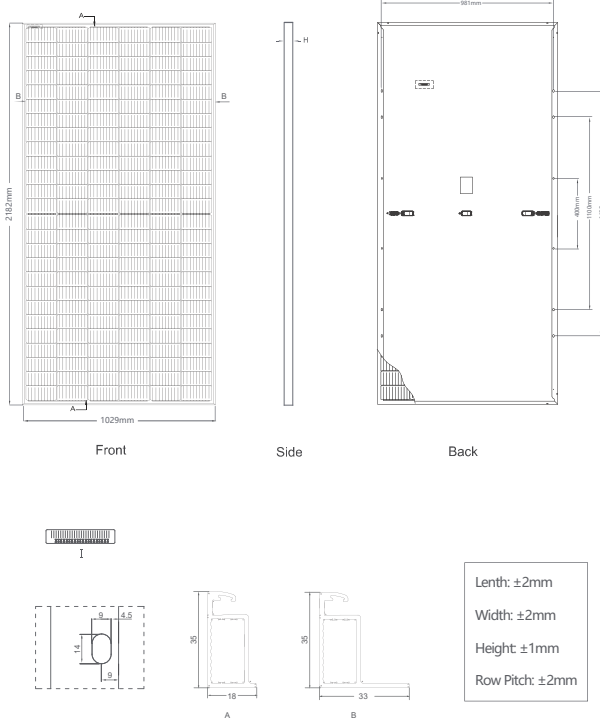


LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years



Engineering Drawings

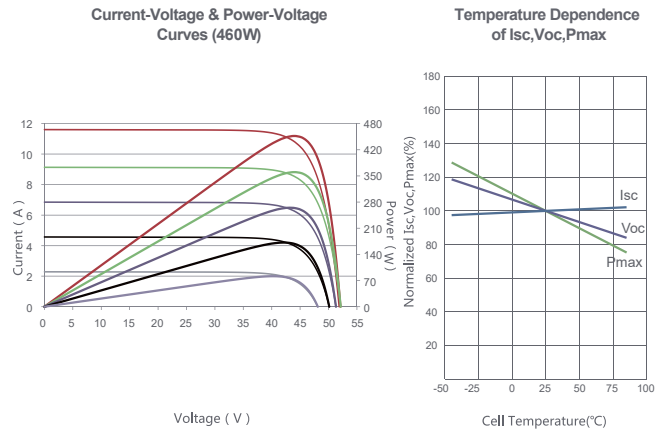


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2182×1029×35mm (85.91×40.51×1.38 inch)
Weight	25.0 kg (55.12 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM455M-7RL3		JKM460M-7RL3		JKM465M-7RL3		JKM470M-7RL3		JKM475M-7RL3	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	455Wp	339Wp	460Wp	342Wp	465Wp	346Wp	470Wp	350Wp	475Wp	353Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.97V	39.32V	43.08V	39.43V	43.18V	39.58V	43.28V	39.69V	43.38V	39.75V
Maximum Power Current (Imp)	10.59A	8.61A	10.68A	8.68A	10.77A	8.74A	10.86A	8.81A	10.95A	8.89A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.92V	49.01V	52.14V	49.21V	52.24V	49.31V
Short-circuit Current (Isc)	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A	11.77A	9.51A
Module Efficiency STC (%)	20.26%		20.49%		20.71%		20.93%		21.16%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%